



Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Agrónomos



# VI CONGRESO DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos  
Universidad Politécnica de Madrid**

**Madrid, 7 y 8 de mayo de 2013**

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

### **Presidenta**

Pilar García Rebollar

### **Secretaria**

M<sup>a</sup> Ángeles Pérez Cabal

### **Estudiante**

Javier de Quinto Merino

### **Vocales**

Maria R. Alvir Morencos  
Rosa María Benavente León  
Ana Isabel García García  
Augusto Arce Martínez  
Mercedes Flórez García

M<sup>a</sup> Ángeles Mendiola Ubillos  
Silverio Alarcón Lorenzo  
M<sup>a</sup> Antonia Bañuelos Bernabé  
Patricia Giraldo Carbajo  
Carlos Hernández Díaz-Ambrona





## PRÓLOGO

Al comenzar cada curso e iniciar los preparativos de este Congreso, pensamos siempre en satisfacer las necesidades y motivos de los estudiantes para querer participar en él. Más allá de los premios que se puedan conseguir o los créditos que se puedan convalidar, no sabemos por qué los estudiantes participan y lo hacen en un número más o menos constante en estos 6 años que llevamos organizándolo. ¿Lo hacen por el afán de mejorar su *Curriculum vitae* y tener un apartado más en él? ¿O se implican porque los profesores los animan pero en realidad no entienden la repercusión de este trabajo en su *Curriculum*?

No sabemos con certeza la respuesta pero en cualquier caso, desde el lado de la organización, podemos distinguir los estudiantes que participan porque esperan un incentivo o un premio, se implican y cumplen las normas o simplemente participan arrastrados por otros compañeros o profesores para rentabilizar los trabajos que hacen en clase. Desde nuestro punto de vista queremos que los estudiantes aprendan siendo participantes activos que hacen, construyen, escriben, diseñan, crean o resuelven algo, más allá de tener que escuchar una lección magistral. Escribir los trabajos que se publican en este Congreso no se hace en unas horas. Los alumnos y profesores que participan en este Libro de Actas han dedicado un tiempo importante a elaborar adecuadamente sus trabajos, hacerlos atractivos, revisarlos varias veces y responder a las dudas o sugerencias que les ha propuesto el revisor. Por eso, este año contamos con la opinión de W. Churchill, que dijo:

**“Personalmente siempre estoy dispuesto a aprender, aunque no siempre me gusta que me den lecciones”**

Y esperamos que participando en el VI Congreso de estudiantes (sí, ¡ya el sexto!), estemos ayudando a los estudiantes a evaluar sus progresos, estemos animando y criticando su trabajo, y analizando sus debilidades o sus esfuerzos. Pero sobre todo, esperamos que todos sigamos aprendiendo y enseñando más allá de las lecciones magistrales.

Nuestro agradecimiento a la Fundación Premio Arce, a la Comunidad de Madrid a través del Proyecto NEWGAN (S2009/AGR-1704), a NANTA S.A., Danisco, CEIGRAM, Eumedia, la Editorial Agrícola Española, y la cátedra Fertiberia, como patrocinadores de este evento. Gracias como siempre a todos los profesores, estudiantes, becarios y voluntarios que han colaborado en este VI Congreso.

**Pilar García Rebollar y M<sup>a</sup> Ángeles Pérez Cabal**



# Índice de trabajos

## SESIÓN C1

Agricultura urbana ¿tienen futuro los huertos urbanos de Madrid? .....	5
Establecimiento de un protocolo de cultivo in vitro para la conservación de una menta silvestre: <i>mentha aquatica</i> .....	9
El interés del plátano de paseo ( <i>Platanus x hispanica</i> Mill ex Münchh.) .....	13
Optimización de la dieta y la agricultura en comunidades rurales aisladas .....	17
Diseño de herramientas de labranza combinando criterios biomiméticos y métodos numéricos.....	21
Detección precoz de mortalidad en producciones avícolas empleando termografía de alta resolución .....	25

## SESIÓN C2

Cosechadora solar para hortalizas de hojas .....	31
Anomalías en la diferenciación sexual en bovino: freemartinismo .....	35
La industria cárnica española, evolución y situación futura: una revisión bibliográfica	39
Mejoras en el invernadero didáctico de los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos.....	43
Gripe aviar, patología, salud pública e importancia en la agronomía.....	47
Nuevas técnicas de análisis de forrajes: el NIRS .....	51

## SESIÓN C3

Influencia de harinas especiales en panificación: elaboración de pan de centeno .....	57
Productos conservados por presurización .....	61
Invernaderos ecológicos como respuesta a la falta de una alimentación equilibrada en el altiplano peruano .....	65
Meta-análisis de los organismos genéticamente modificados.....	69
Funcionamiento de los pueblos indígenas en aislamiento ante presiones externas.....	73
Diagnóstico de los sistemas campesinos para desarrollar indicadores que evalúen la sostenibilidad en el municipio de Camotán (Guatemala).....	77
SAR: Aplicaciones en agricultura .....	81

## SESIÓN C4

Flor de levaduras: análisis morfológico del crecimiento en medio sólido.....	87
Fisiología de la reproducción en la coneja: análisis de parámetros productivos .....	91
Incidencia de la grasa corporal y la leptina en la eficacia reproductiva de la cerda ibérica .....	95
<i>Bradyrhizobium</i> sp. Imjc necesita un sistema de secreción tipo III para nodular eficientemente al altramuz valenciano ( <i>Lupinus mariae-josephae</i> ).....	99
¿Sabes qué aspectos pueden afectar a la carne porcina? .....	103
Análisis de la diversidad genética de maní ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) en Ecuador .....	107

## SESIÓN P1

Práctica de ecología: ecosistemas mediterráneos.....	113
El yuzu, un cítrico lleno de aromas y sabores .....	117
Bebidas energéticas: ¿energizantes? .....	121
Diversidad de rizobios que nodulan eficientemente <i>Cytisus triflorus</i> del norte de Argelia .....	125
¿Qué hay detrás de una salida de campo de edafología? .....	129
Que no se te queme el café: supervisión termográfica .....	133

## SESIÓN P2

Sustratos orgánicos sostenibles para sistemas de jardines verticales .....	139
Integración en el paisaje de parques eólicos.....	143
Estudio del proyecto de riego por goteo y programación del riego en el huerto ecológico del campo de prácticas de la ETSI Agrónomos .....	147
Seguimiento de sequía en pastos mediante teledetección .....	151
Estudio de la simbiosis de rizobios y arbustos de la tribu <i>genisteae</i> para recuperar suelos en el norte de África.....	155
Evaluación de la eficiencia de sistemas de humedales construidos en postratamiento de purines de porcino .....	159

## **SESIÓN C1**







## Agricultura urbana ¿tienen futuro los huertos urbanos de Madrid?

Gili Pozo, Álvaro

Tutora: Velasco Arranz, Ana

*Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.*

*Correo electrónico: alvarogpozo@gmail.com*

### RESUMEN

Este trabajo de investigación pretende estudiar por un lado, la situación actual de los llamados "huertos urbanos comunitarios" en el municipio de Madrid; por otro, acercarnos a la imagen u opinión de la sociedad acerca de la proliferación de huertos en la ciudad. Para ello, hemos centrado el estudio empírico en el huerto de Cantarranas, elegido de entre los numerosos huertos existentes en el área urbana de Madrid. Como metodología se ha elegido la entrevista en profundidad y la observación no participante, lo que nos ha permitido conocer su funcionamiento, así como la forma de autogestionarse, objetivos perseguidos en el estudio. En segundo lugar presentamos la imagen social de los huertos obtenida mediante una serie de encuestas realizadas tanto a personas conocedoras de los huertos como ajenas a ellos. En conclusión se presenta la tendencia de futuro de este fenómeno.

**Palabras clave:** *Agricultura urbana, Huerto comunitario, Ecológico*

### INTRODUCCIÓN

La actual crisis económica que están viviendo un gran número de países desarrollados, ha provocado el surgimiento de una serie de movimientos sociales/políticos de protesta, que unido al incremento de la preocupación de los ciudadanos por la seguridad alimentaria y el consumo de alimentos más sanos y respetuosos con el medio ambiente, ha impulsado el fenómeno de "huerto urbano" que tan de moda encontramos actualmente. Sin embargo, no se trata de algo casual o novedoso, existe un vínculo entre la proliferación de huertos en las ciudades y las distintas crisis ocurridas a lo largo de la historia desde la Revolución Industrial (Ballesteros, 2011).

Durante los periodos de escasez, los ciudadanos tuvieron que adaptarse a la carencia de medios buscando alternativas que les proporcionaran una forma de autoabastecerse de bienes de primera necesidad. En la actualidad no se trata de solventar un problema de abastecimiento, sino que en algunos casos se emplea como arma reivindicativa, relacionada con movimientos de ocupación y protesta contra el sistema social establecido. Muchas de estas experiencias arrancan con la ocupación de solares abandonados y espacios urbanos degradados reconvertidos en huertos.

Además de mecanismo reivindicativo, los huertos urbanos son empleados como forma alternativa de ocio, donde las personas de la ciudad cambian su rol habitual por el de hortelanos. Estos lugares crean unas relaciones que no se podrían dar en otras circunstancias y generan una cohesión social influida por el apoyo comunitario y la educación agroambiental.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha elegido una metodología cualitativa, en particular la técnica de entrevistas, instrumento de gran importancia en la investigación social empírica y, siguiendo los criterios de García Ferrando (2007), gracias a la Red de Huertos Urbanos de Madrid hemos podido seleccionar el huerto de Cantarranas, perteneciente a la Universidad Complutense de Madrid, como referente de estudio por su representatividad, amplitud y afinidad. El objetivo ha sido analizar su funcionamiento y modo de autogestión, desde la visión de sus usuarios, para crearnos una idea más completa y acorde a la realidad del significado de huerto urbano comunitario.



Asimismo, y gracias a la elaboración de un total de 160 encuestas tipificadas y distribuidas por todo el área municipal de Madrid, hemos tratado de aprehender la visión externa de una parte de la sociedad madrileña ajena al fenómeno de los huertos urbanos, de manera a disponer de una visión conjunta de este fenómeno y tratar así de dar respuesta a la pregunta: ¿Tienen futuro los huertos urbanos de Madrid?

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Origen del huerto

El huerto de Cantarranas se puso en marcha en 2010 como un proyecto de innovación educativa cuyo fin era la creación de un espacio de reflexión, formación e investigación sobre agroecología y soberanía alimentaria.

### Ubicación

El terreno se localiza en el distrito de Moncloa-Aravaca, donde anteriormente se encontraban los viveros de la Complutense. La superficie destinada a esta actividad agrícola se concentra en 800 m<sup>2</sup> de bancales y zonas al aire libre, y un invernadero de 100m<sup>2</sup>. Éste es empleado como semillero, para preparar las plántulas que se plantarán en los meses que correspondan a cada variedad y para la realización de asambleas durante los meses de frío y en días de lluvia.

### Organización

El huerto de Cantarranas se organiza de forma asamblearia y horizontal. Mensualmente, los primeros sábados de cada mes, se organiza una asamblea que actúa como órgano de decisión y participación de la huerta. Esta asamblea está compuesta por todos los miembros del huerto que acuden a esa reunión. No existe una jerarquía, por tanto, todos están en igualdad de voz y voto. Para las reuniones hay un orden del día que se cuelga en la página Web (<http://portal.ucm.es/web/agroecologia/>) con anterioridad, para que todos los hortelanos conozcan los temas a debatir.

Cada semana se hace una convocatoria, que se envía a todos los miembros del huerto mediante correo electrónico y se cuelga en la red, donde se proponen las labores para la semana. De forma que quien vaya a asistir a lo largo de la semana pueda previamente, ver qué tareas se recomiendan hacer.

Existe un tercer elemento, el cuaderno de bitácora, donde todos los hortelanos que acuden al huerto y realizan alguna actividad, lo dejan anotado. Así se deja en conocimiento de los demás usuarios las tareas realizadas y se tiene en cuenta de cara a organizar la nueva convocatoria semanal.

Por tanto, la convocatoria semanal se realiza en función de lo que dictó la asamblea, del cuaderno de bitácora y de acuerdo a las tareas que se realizan y quedan pendientes el día de trabajo colectivo.

### Funcionamiento

Se trata de un huerto comunitario y colectivo, por lo que todas las actividades se realizan en común y en igualdad. No existen parcelas individuales, todos los bancales son trabajados por todos y no existe exclusividad de uso de ningún miembro. Todos los participantes trabajan en el huerto, no hay división de trabajo, cada uno participa en lo que cree que puede colaborar mejor según sus capacidades.

Puede que surja alguna persona que quiera desarrollar alguna iniciativa individual. Lo normal es que se plantee y se vote en asamblea, pero en caso de que ya se haya realizado de forma individual, no se rechaza, no se increpa ni se sanciona a la persona, ya que se presupone que se ha hecho de buena fe, no se censura ninguna labor, se reorienta y se rectifica si no es correcto el planteamiento.

Las decisiones técnicas se toman en asamblea, es decir, se decide entre todos cómo plantar y qué plantar. En ocasiones, cuando los conocimientos son escasos en materia de horticultura, el autoaprendizaje es otro de los fundamentos. Aunque en el huerto



participan personas con ciertos conocimientos técnicos, el ensayo y el error tienen cabida en este “huerto aula” como experiencia y mejora de aprendizaje.

**Imagen 1. Invernadero Cantarranas.**



**Imagen 2. Área de cultivo Cantarranas.**



El huerto es ecológico, no se emplea ningún producto sintético, los fertilizantes son orgánicos y la lucha contra plagas se realiza mediante lucha biológica, con fundamentos de permacultura, asociacionismo de cultivos y remedios naturales como la desinfección de semilleros con concentrado de manzanilla, o la lucha contra el pulgón con jabón de potasa. Solo se emplean productos autorizados en el cultivo de productos ecológicos, como el abono orgánico producido en su propia compostera fabricado sin aditivos, de forma natural, empleando los restos de plantas de la huerta.

La producción se destina exclusivamente para el autoconsumo de los hortelanos y sus familias, no se permite la comercialización de la cosecha. El reparto se realiza el mismo día de la recogida, de forma equitativa entre las personas que hayan acudido ese día, sin tener en cuenta el trabajo realizado a lo largo del año. Tampoco se almacena, ni se guarda para aquellos que no hayan podido acudir.

Existe un compromiso por parte de las personas de acudir semanalmente al huerto, no obstante no se impone como una obligación, sino que se da libertad a la voluntariedad de los usuarios. Hay días de trabajo colectivo en los que coinciden los hortelanos, siendo los martes por la tarde y los viernes todo el día, aunque la gente puede ir cuando quiera fuera de estos días.

Cantarranas realiza además un proyecto de inclusión social, cuentan con la participación de personas con discapacidad intelectual que realizan actividades en la huerta. Actualmente se encargan de la construcción de una caseta de aperos.

Dentro del ámbito de la educación ambiental se realizan talleres de participación y conocimiento de la huerta. Se realizan varias actividades de este tipo a lo largo del año para todo tipo de público. De esta forma se dan a conocer, crean un espacio para compartir, socializar y aprender.

### **Opinión de la sociedad sobre los huertos urbanos**

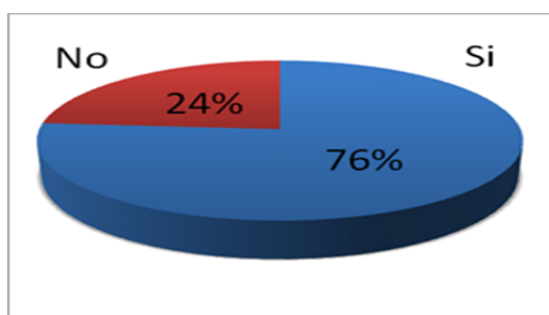
El conjunto de encuestas realizadas nos permite observar que una mayoría de la población ha oído hablar y sabe lo que es un huerto urbano. En la Figura 1, se especifica que el 24% de personas encuestadas afirman no conocer que es un huerto urbano, frente al 76% que si conocen este fenómeno. Curiosamente en otra estadística, de este 76% tan solo el 60% conocen directamente un huerto urbano, y el 40% restante, que conocen los huertos urbanos, no han visto ni conocen ninguno directamente. En la Figura 2 tenemos otro grafico acerca del interés que suscita en las personas esta actividad. El 46% de las personas encuestadas estarían interesadas en participar en un huerto urbano, mientras que el 57% no desea unirse a este movimiento. En la Figura 3, se complementan estos datos y podemos conocer los motivos por los que las personas no quieren participar en un huerto, siendo la falta de tiempo el motivo más contestado con un 44%. En segundo lugar está la falta de afición por la horticultura o el desinterés en los trabajos con la tierra. Por otro lado un 10% no quieren introducirse en esta práctica



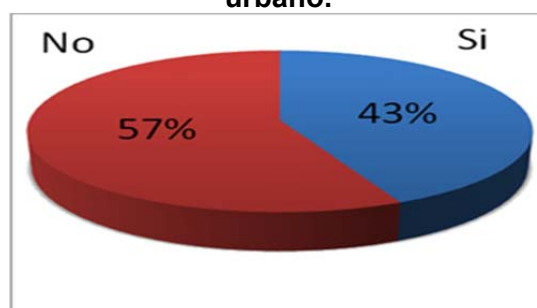
porque disponen de pueblo en donde pueden saciar su necesidad de huerto urbano ya que disponen de pequeñas zonas donde pueden cultivar o trabajar con plantas. Por último el 4% han comentado otros motivos y el 22% no ha querido o no ha sabido dar una razón concreta a esta pregunta.

Finalmente, en la Figura 4, se muestra el resultado obtenido como respuesta a la pregunta sobre el futuro de los huertos. El 58% de los encuestados cree que los huertos urbanos tienen futuro, mientras que el 40% los considera algo pasajero y que no tienen cabida en nuestra sociedad tal y como está formada. El 2% restante no supo dar una respuesta a esta pregunta. Queríamos comprobar cómo cambian estos porcentajes separando a las personas interesadas en los huertos y a las que no lo están. Se ve el optimismo que presentan las personas que si querrían participar en los huertos ya que el 84% creen que tiene futuro. Sin embargo dentro de las personas encuestadas a las que no les interesan los huertos, el 60% no creen que los huertos puedan prosperar.

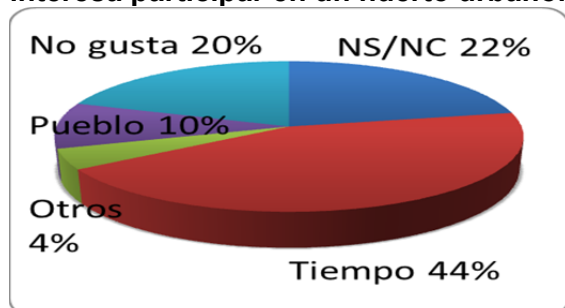
**Figura 1. Personas que saben que es un huerto urbano.**



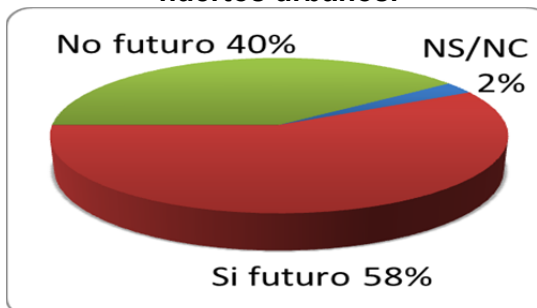
**Figura 2. Personas a las que les interesaría participar en un huerto urbano.**



**Figura 3. Motivos por los que no interesa participar en un huerto urbano.**



**Figura 4. Opinión del futuro de los huertos urbanos.**



## CONCLUSIONES

Los huertos urbanos en Madrid tienen un potencial creciente y presenta una serie de beneficios sociales y medio ambientales que la gente comienza a descubrir. Basándonos en el éxito de esta actividad en otros países como EEUU o Alemania y conociendo la opinión de un sector de la sociedad, creemos que la tendencia de este fenómeno va a incrementarse, posesionándose como una alternativa de ocio y alimentación saludable.

## BIBLIOGRAFÍA

Ballesteros García J.G., 2011, Ponencia: "Agricultura urbana y desarrollo sostenible", I Congreso Estatal de Agricultura Ecológica Urbana. Huertos urbanos ecológicos y desarrollo sostenible, Elx (Alicante), ed. SEAE. García Ferrando M., Ibáñez J., y Alvira F., 2007, El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación, 3ª edición, Editorial Alianza, pp. 178.



## Establecimiento de un protocolo de cultivo *in vitro* para la conservación de una menta silvestre: *mentha aquatica*

González, Iván

Tutores: Martín, M<sup>a</sup> Carmen; Sansegundo, Consuelo  
Departamento de Biología Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica  
Correo electrónico: iván.gonzalez@gmail.com

### RESUMEN

En la actualidad, la pérdida de variabilidad genética es uno de los principales problemas de las especies cultivadas. Las especies silvestres emparentadas con estos cultivos son una fuente potencial de genes para la incorporación de caracteres y la obtención de nuevos cultivares. Su conservación se hace, por tanto, imprescindible.

La menta inglesa (*Mentha x piperita*) es un híbrido de *Mentha aquatica* L. y *Mentha spicata* L. Su cultivo es importante como especie ornamental y por el uso de sus hojas en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria por su aroma y propiedades digestivas, carminativas, antisépticas, etc.

El cultivo *in vitro* proporciona herramientas adecuadas para la conservación de colecciones vivas a corto-medio plazo. El presente trabajo aborda la puesta a punto del diseño de un protocolo de cultivo *in vitro*, desde la asepsia del material de partida procedente de campo hasta el ensayo de diferentes medios de proliferación en *M. aquatica* para garantizar el uso del cultivo *in vitro* como instrumento de conservación.

**Palabras clave:** *Mentha aquatica*, Asepsia, Proliferación

### INTRODUCCION

A partir de los años 1920 y 1930 comienza a manifestarse la necesidad de conservar y regenerar germoplasma, material capaz de transmitir los caracteres hereditarios a la siguiente generación a partir de semillas, tejidos o parte de plantas (Witt, 1985). Esta necesidad se acentuó tras la sustitución de las variedades tradicionales por los cultivares modernos, lo que provocó que durante la segunda mitad del siglo XX el mundo sufriera una importante crisis de diversidad genética, y de seguridad alimentaria, y la consiguiente pérdida de variedad genética de las especies cultivadas. Por lo tanto, las especies silvestres emparentadas con estos cultivos se convierten en una fuente de genes potenciales en la incorporación de características interesante para la obtención de nuevos cultivares. Su conservación se hace, por tanto, imprescindible.

El mantenimiento y propagación en jardines botánicos, así como de semillas y esporas, han permitido la conservación de muchas especies silvestres. Una de las herramientas más prácticas y económicas para la preservación *ex situ* son los bancos de semillas. Sin embargo, existen determinados recursos genéticos vegetales que debido al tipo de reproducción o semillas que presentan, no permiten ser mantenidos en estas condiciones. El cultivo *in vitro* de tejidos se convierte en la alternativa perfecta para la conservación *ex situ* de este tipo de germoplasma vegetal.

La conservación *in vitro*, basada en técnicas de crecimiento lento (incubación con temperatura e irradiación bajas, y con medios de cultivo con concentraciones reducidas de sacarosa y/o minerales) permiten el almacenaje de determinados cultivos a medio plazo y la propagación de los mismo mediante la modificación de los medios de cultivo. El uso y la combinación adecuada de reguladores de crecimiento (auxinas y citoquininas, principalmente) permite el aumento de la tasa de multiplicación de los vástagos. Sin embargo, el riesgo de variación somaclonal que pueden sufrir las plantas bajo estas



condiciones de cultivo reduce el empleo de estas técnicas para la conservación a largo plazo (Ashomare, 1997).

Las especies del género *Mentha* pertenecen a la familia *Lamiaceae*. Se trata de plantas herbáceas, perennes, aromáticas y de tallos subterráneos rizomatosos. La hibridación interespecífica del género es muy frecuente y da lugar a una gran variabilidad morfológica (Morales *et al.*, 2010). Entre sus híbridos destaca la menta inglesa (*Mentha x piperita*) resultante del cruce de *Mentha aquatica* y *Mentha spicata*. Es un cultivo importante por el uso de sus hojas como condimento gracias a su aroma, y sus propiedades digestivas, carminativas, antisépticas, estimulantes y diuréticas, también usada como especie ornamental.

El presente trabajo aborda la puesta a punto de un protocolo que permita el establecimiento del cultivo y el ensayo de diferentes medios de asepsia y de proliferación en *M. aquatica* para garantizar el uso del cultivo *in vitro* como instrumentos de conservación.

Abreviaturas: 2-ip: 2-isopenteniladenina, BAP: 6-bencilaminopurina, NAA: ácido naftalenacético

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Inicio de cultivo.** El cultivo *in vitro* se estableció a partir de yemas apicales y segmentos nodales de individuos recolectados en tres poblaciones silvestres de *M. aquatica*: población de Fanzara (Castellón) (FAN), población de La Griega (Asturias) (GRI) y población de L'Alcora (Castellón) (ALC). El material recolectado se mantuvo en tiestos en invernadero y durante ese tiempo se le aplicó fungicida polivalente (Score 25 EC, COMPO).

Los brotes se limpiaron con agua y jabón, frotando con un cepillo con cuidado de no dañarlos, y se sumergieron durante 3 minutos en etanol al 70 %. A continuación, los brotes fueron divididos en explantos de menor tamaño y asignados a uno de los seis tratamientos de asepsia probados:

- A. 15 min sumergidos en NaClO al 25 %
- B. 20 min sumergidos en NaClO al 25 %
- C. 5 min sumergidos en fungicida polivalente más 15 min en NaClO al 25 %
- D. 5 min sumergidos en fungicida polivalente más 20 min en NaClO al 25 %
- E. 15 min sumergidos en NaClO al 25 % más 5 min en fungicida polivalente previamente filtrado para su esterilización
- F. 20 min sumergidos en NaClO al 25 % más 5 min en fungicida polivalente previamente filtrado

En todos los casos, tras el tratamiento con NaClO los explantos fueron sometidos a tres lavados consecutivos en agua destilada esterilizada de 5 min cada uno.

Tras la asepsia, los segmentos se cultivaron en tarros de vidrio que contenían medio de Murashige y Skoog (1962), MS, solidificado con agar al 3%. Los cultivos se incubaron a 25° C con un fotoperiodo de 16 h luz/ 8 h oscuridad.

**Micropropagación.** Tras cuatro semanas en el medio de inicio (MS sin reguladores de crecimiento) se transfirieron los explantos a medio de proliferación: medio MS suplementado 0.5 mg l<sup>-1</sup> BAP (Uchendu & Reed, 2008) [M1]; medio MS añadiendo 0.5 mg l<sup>-1</sup> 2-ip y 0.1 mg l<sup>-1</sup> NAA (Senula *et al.* 2007) [M2] y medio MS con 0.5 mg l<sup>-1</sup> BAP y 0.1 mg l<sup>-1</sup> NAA (Sakai *et al.* 2000) [M3]. Cada 30 días se su cultivaron los explantos a medio



fresco debido al agotamiento de los constituyentes de éste y a la emisión de sustancias, al mismo tiempo se individualizaron los nuevos brotes obtenidos durante la proliferación. Los cultivos fueron mantenidos a 25 °C con un fotoperiodo de 16 h luz/ 8 h oscuridad.

En la primera fase de establecimiento del cultivo, en medio MS, los explantos se observaron cada tres días para detectar la presencia de contaminación y poder evaluar las condiciones de la asepsia realizada.

En el ensayo de medios de proliferación, al final de cada subcultivo se tomaron datos de las siguientes variables: número de vástagos por explantos, número de hojas, número de entrenudos, longitud media del vástago (mm) y estado general de la planta (estableciendo categorías, de 1 a 3, de mejor a peor).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los diferentes protocolos de asepsia diseñados para *M. aquatica* permitieron elegir el procedimiento más efectivo para el establecimiento del cultivo. Los tratamientos A y B son los que obtuvieron un mayor porcentaje de explantos asépticos: 77,78 % y 75,00 %, respectivamente (Tabla 1). No obstante, aunque el protocolo D presenta porcentajes similares de supervivencia, se descarta por la dificultad de manejo y por el incremento del coste económico. Finalmente, se opta por el protocolo B (20 minutos en NaClO al 25 %), ya que aumenta el tiempo de acción del cloro comercial durante la asepsia. Este tipo de desinfección ha sido descrito para otras especies emparentadas como *Salvia fruticosa* Mill (Arikat *et al.*, 2004).

**Tabla 1. Porcentaje de explantos libres de contaminación tratados con diferentes protocolos de asepsia**

	Protocolo A	Protocolo B	Protocolo C	Protocolo D	Protocolo E	Protocolo F
Explantos sin contaminar	77,78 %	75,00 %	55,56 %	71,43 %	44,45 %	55,56 %

La aplicación de fungicida durante la fase de invernadero permitió reducir los niveles de contaminación por hongos, ya que en estudios previos se alcanzaron porcentajes de contaminación más elevados. Sin embargo, la aplicación del tratamiento antifúngico durante la asepsia no ha reducido la presencia de hongos en los explantos, los protocolos A y B lograron porcentajes superiores de cultivos libres de contaminación a los demás tratamientos

### Imagen 1. Explanto de Fanzara en medio M1



Los reguladores de crecimiento empleados para este estudio indujeron respuestas diferentes en los

explantos utilizados. En cuanto al número medio de vástagos por explanto (Figura 1.A), la respuesta de los mismos dependió fundamentalmente del genotipo de la planta madre. En la población de Fanzara se obtuvieron valores muy semejantes independientemente de la composición del medio (entre 4,5 y 5,5 vástagos por explanto). Por el contrario, la población de La Griega presentó los valores más altos de todo el ensayo cuando se cultivaba en medio M1. La población de L'Alcora sólo mostró diferencias al cultivarse en medio M2. Fue

precisamente este medio M2, MS + 0.5 mg l<sup>-1</sup> 2-iP + 0.1 mg l<sup>-1</sup> NAA, el que obtuvo los peores resultados en todas las poblaciones, ya que en la mayoría de los casos sólo provocó el desarrollo de las yemas del explanto y no su proliferación.



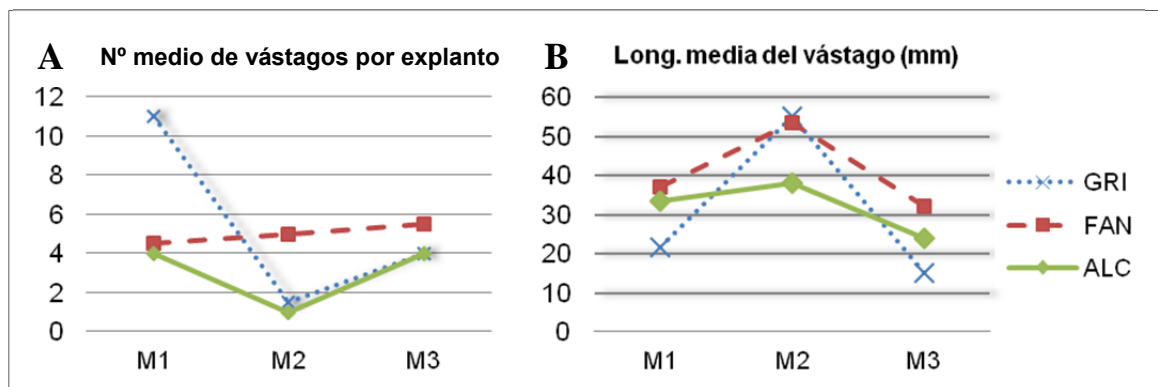


En cuanto a la longitud media del vástago, el efecto de los medios de proliferación sigue la misma tendencia en las tres poblaciones (Figura 1.B). El medio MS suplementado con  $0.5 \text{ mg l}^{-1}$  2-ip y  $0.1 \text{ mg l}^{-1}$  NAA (M2), indujo un mayor desarrollo de los vástagos, de hasta 80 mm en explantos de la población de La Griega. Por el contrario, el medio MS con  $0.5 \text{ mg l}^{-1}$  BAP y  $0.1 \text{ mg l}^{-1}$  NAA (M3) dio lugar a las peores respuestas en todos los genotipos empleados.

En ambos casos se observa que la respuesta de los explantos a los medios de proliferación están muy condicionados por el genotipo de la planta madre.

Por tanto, en vista de los resultados obtenidos y a pesar de las diferencias observadas en función del genotipo, parece que el medio de proliferación M1 (MS +  $0.5 \text{ mg l}^{-1}$  BAP) es el más adecuado para proliferar las diferentes poblaciones silvestres de *M. aquatica* empleadas en este estudio. Aunque en algunas de las poblaciones ensayadas no es el medio el que origina un mayor número de vástagos por explanto, sin embargo, presenta mejores resultados que el medio M3 en el desarrollo de los vástagos. Por tanto, considerando conjuntamente las dos variables estudiadas, el medio de proliferación M1 sería el recomendado.

**Figura 1. Respuesta de las tres poblaciones de *M. aquatica* a los diferentes medios de proliferación**



Finalmente, aunque los resultados obtenidos han servido para establecer el cultivo de diferentes poblaciones naturales de *M. aquatica* mediante la selección de un protocolo de asepsia adecuado y la elección de un medio de proliferación efectivo, sin embargo, sería necesario repetir el ensayo con un mayor número de individuos por población.

#### AGRADECIMIENTOS

A Mamen, tutora y mentora, por su incansable contribución a mi aprendizaje; y a Consuelo, por su inestimable ayuda. Muchas gracias.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Arikat NA, Jawad FM, Karam NS., Shibli RA (2004) Micropropagation and accumulation of essential oils in wild sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Sci Hortic* 100: 193-202.
- Ashomare S.E., 1997. *Status report on development and application of in vitro techniques for the conservation and use of plant genetic resources*. IPGRI, Roma pp 67
- Morales R., 2010. *Mentha* L. En: Castroviejo, S & al. (eds.) *Flora Iberica* 2. CSIC, Madrid, pp: 336-347.
- Murashige T. & Skoog F., 1962. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
- Witt S., 1985. *Biotechnology and genetic diversity*. California Agricultural Lands Project, San Francisco, pp 145
- Sakai A., Matsumoto T., Hirai D., Niino T., 2000. Newly developed encapsulation-dehydration protocol for plant cryopreservation. *CryoLetter* 21: 53-62.
- Senula A., Keller E., Sanduijav T. & Yohannes, T. 2007. Cryopreservation of coldacclimated mint (*Mentha* spp.) shoot tips using a simple vitrification protocol. *CryoLetters* 28: 1-12.
- Uchendu E. & Reed B.M. 2008. A comparative study of three cryopreservation protocols for effective storage of in vitro-grown mint (*Mentha* spp.). *CryoLetters* 29:181-188.





## El interés del plátano de paseo (*Platanus x hispanica* Mill ex Münchh.)

Arnal Olivares, Alberto

Tutores: Martínez Laborde, Juan Bautista<sup>1</sup>; Mendiola Ubillos, M<sup>a</sup> Ángeles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología Vegetal. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid)

<sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid)

Correo electrónico: a.arnal@alumnos.upm.es

### RESUMEN

*Platanus x hispanica* (Platanaceae), conocido como plátano de paseo o de sombra, es un árbol de gran importancia en jardinería y paisajismo por su valor ornamental, y no es despreciable su aprovechamiento maderero en muebles y pequeñas herramientas. Su nombre científico y estatus taxonómico han sido controvertidos. Actualmente se sabe a partir de marcadores moleculares que es una especie híbrida, a raíz del encuentro por causas antrópicas, entre *P. orientalis* y *P. occidentalis*.

**Palabras clave:** Plátano de sombra, Jardinería, Especie híbrida

### INTRODUCCIÓN

El plátano de paseo o de sombra es un árbol muy conocido entre los botánicos y apreciado por los viveristas por su carácter ornamental; sin embargo, no es tan valorado por la población residente en las ciudades a causa de las alergias que puede provocar. Su nombre científico es *Platanus x hispanica* Mill. ex Münchh. pero también ha sido denominado *P. acerifolia* (Aiton) Willd., *P. orientalis* L. var. *acerifolia* Aiton, etc., debido al hasta hace poco incompleto conocimiento de su origen y estatus taxonómico. El objetivo de esta revisión bibliográfica es ampliar y difundir el conocimiento de esta especie; no sólo desde el punto de vista de su utilización, sino también desde el taxonómico y nomenclatural.

### DESCRIPCIÓN DEL PLÁTANO DE SOMBRA

El plátano de sombra es un árbol monoico, caducifolio, de copa amplia y gran porte, que mide entre 20 y 35 m de altura aunque puede alcanzar más de 50 m, como los ejemplares de los jardines de Aranjuez (Madrid), catalogados como árboles monumentales (López González, 1998). El gran porte es el origen del nombre del género; etimológicamente, *Platanus* deriva del griego πλατύς (*platýs*), que significa ancho, espacioso (López González, 2004). El ritidoma es ceniciento, verdoso o castaño, desprendiéndose en placas y dejando ver las manchas irregulares amarillentas o blanquecinas de la corteza interna, tan características. Las hojas son alternas, pecioladas, simples, con la lámina de unos 12 a 22 cm de longitud por 12 a 30 cm de ancho, y consta de 3 ó 5 lóbulos anchamente ovado-triangulares, enteros, sinuados o con los márgenes dentados. Como característica particular del género, cada yema se encuentra dentro de la base ensanchada del pecíolo (Rocha, 1990). Las inflorescencias son capítulos globosos unisexuales que cuelgan de largos pedúnculos, con numerosas flores pequeñas, poco llamativas y anemófilas (Kubitzki, 1993; Rocha, 1990). Los frutos son aquenios, cada uno provisto de un penacho de largos pelos en su base, reunidos en infrutescencias de unos 2,5 a 3 cm de diámetro denominados poliantocarpos (Figura 1) (Rocha, 1990). El polen de esta especie es moderadamente alergénico en los humanos, generando el mencionado rechazo en las ciudades (Clopés, 2008).

Una enfermedad importante que ataca estos árboles es el chancro del plátano, causado por el ascomiceto *Ceratocystis platani* J.M. Walter, originario del sureste de Estados



Unidos y diagnosticado en los plátanos del *Canal du Midi* (Soulioti et al., 2008). El alcance de este problema es grave, porque existen dos especies del mismo género (*P. kerri* y *P. orientalis*) protegidas por la normativa de conservación de especies (IUCN, 2012) que podrían verse afectadas.

**Figura 1: Ramas e infrutescencias del plátano de sombra (fotografía del autor)**



### ASPECTOS TAXONÓMICOS

El género *Platanus* L. pertenece a la familia monotípica *Platanaceae*, que hasta hace pocos años formaba, con otros grupos anemófilos, el orden Hamamelidales (Cronquist, 1981), pero que actualmente se incluye en el orden *Proteales* (Stevens, 2012). La familia *Platanaceae* apareció hace unos 100 millones de años y llegó a constar de unos doce géneros de variada morfología foliar y con flores hermafroditas (Maslova, 2010), pero en la actualidad comprende (en su único género) solo ocho especies de flores unisexuales, todas ellas en el Hemisferio Norte: *P. occidentalis* L., *P. mexicana* Moric., *P. racemosa* Nutt., *P. wrightii* S. Watson y *P. rzedowskii* Nixon & Poole en América del Norte, *P. orientalis* en el SE de Europa y W de Asia, *P. kerri* Gagnep. en el SE de Asia (Stevens, 2012; IUCN, 2012; Rocha, 1990, Crane, 1989), y el plátano de paseo *P. x hispanica*, ampliamente cultivado en parques y calles de todo el mundo (Rocha, 1990) pero de origen, estatus taxonómico y nombre científico discutidos. La controversia se inició hace unos 200 años, cuando empezó a difundirse en Europa el cultivo del plátano de sombra. Pronto surgió la hipótesis, basada sobre todo en su morfología foliar intermedia, de que se trataba de un producto de la hibridación en Europa entre *P. orientalis*, con hojas en lámina palmatipartida y *P. occidentalis*, con láminas someramente palmatífidas (Figura 2).

**Figura 2: Hojas de tres especies del género *Platanus* (Soulioti et al., 2008).**



Según Martín y Alcázar (2005), ambas especies llegaron a Aranjuez, *P. occidentalis* en 1778 procedente de Luisiana y *P. orientalis* en 1779 de Francia, y allí (o en otros jardines botánicos) podrían haberse hibridado. Los nombres científicos que recibió esta planta por parte de quienes la consideraron una especie de origen híbrido son *P. hispanica* Mill. ex Münchh., de 1770, *P. hybrida* Brot., de 1804 y *P. acerifolia* (Aiton) Willd., de 1805 (López González, 1998). La hipótesis se reforzaba, además, por el carácter probablemente estéril de estos árboles y por la ausencia de poblaciones silvestres. Por otra parte, la



hibridación natural en el género *Platanus* parece haber dado lugar a una evolución reticulada (Grimm y Denk, 2010). Sin embargo, no está documentado el cruce entre ambas especies, pudiendo haber tenido lugar en varios jardines y momentos, así como de manera espontánea o con la intervención de algún jardinero.

Los autores que la consideran una variedad de *P. orientalis* consideran que no existen diferencias significativas entre esta especie y el plátano de paseo común. Los puntos fuertes de esta tesis son, al igual que en la tesis anterior, dos: en primer lugar, el gran rango de variabilidad que muestran ciertos caracteres morfológicos de *P. orientalis*, en el que quedan incluidos caracteres del plátano de paseo como el grado de división de la lámina foliar, la forma de descortezarse el tronco y el número de poliantocarpos por pedúnculo. En segundo lugar, la existencia de poblaciones silvestres en Turquía descritas como *P. orientalis* var. *acerifolia* muy parecidas a los plátanos de sombra, de las que podrían proceder, a través de los jardines botánicos franceses, las semillas de los supuestos híbridos (López González, 1998).

El debate acerca del estatus (especie híbrida o variedad) y origen (Europa occidental u oriental, artificial o natural) de esta planta parecía no tener fin, hasta que la llegada de los marcadores moleculares vino a confirmar el origen híbrido de la especie. Este origen se demostró utilizando el ADN nuclear, mediante el uso de marcadores RAPDs (Besnard et al. 2002), de microsatélites (Lang, 2010) y de PCR-RFLPs (Grimm y Denk, 2010). Esta última técnica se aplicó tanto en regiones ITS del ADN que codifica el ribosoma (Grimm y Denk, 2010; Cennamo y Cafasso, 2002), como en unos intrones existentes en un gen relacionado con el inicio de la floración (Grimm y Denk, 2010).

De todos modos, este híbrido podría haber sufrido, a causa de posteriores retrocruzamientos, cierta segregación hacia *P. orientalis*, acercándose genéticamente más a este parental que a *P. occidentalis* (Grimm y Denk, 2010; Besnard et al., 2002; López González, 1998). El fenómeno del retrocruzamiento coincide con los resultados de Cennamo y Cafasso (2002) en sus estudios con ADN cloroplástico, que sugieren a *P. orientalis* como parental femenino en los híbridos modernos.

#### USOS E IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

El principal uso, como indica su nombre vernáculo, es el de árbol de sombra. Ya desde la época clásica *P. orientalis*, uno de los parentales del plátano de sombra actual, era conocido por su delicada sombra: se dice que la derrota del rey Jerjes se debió a que su ejército acampó bajo grandes árboles de esta especie y los soldados se olvidaron de la batalla al encontrarse tan cómodos debajo de ellos (de Gubernatis, 2003). Más tarde, en el siglo XVIII, empezó la promoción del híbrido *P. x hispanica* frente a *P. orientalis*, cambio impulsado por su resistencia relativa a las condiciones microclimáticas de las ciudades (Swoczynska et al., 2010). A raíz de esta proliferación el plátano de paseo se convirtió en un árbol común en los parques y jardines de todas las ciudades de las zonas templadas del mundo, adquiriendo su renombrada popularidad (de Gubernatis, 2003). El segundo uso en importancia es el maderero. En España esta especie goza en exclusiva de la industria de mondadientes y pinzas de la ropa; aparte, sus principales destinos son la industria del mueble, sea directamente como madera maciza o bien procesada para conglomerados o contrachapados; también se aprovecha de manera artesanal en la fabricación de juguetes y mangos de herramientas (Clopés, 2008). Este árbol es un buen candidato frente otras especies de madera de calidad en los sitios de disponibilidad hídrica limitada, y está bien valorado en la silvicultura preventiva frente al riesgo de incendios forestales (Clopés, 2008). Sin embargo, según el profesor Aunós de la Universitat de Lleida (comunicación personal), su uso está acotado por la progresiva mejora de los clones del chopo (*Populus x canadensis* Moench). En España, las plantaciones de este plátano se concentran en el País Vasco, con 558 ha (Área de Territorio y Biodiversidad, 2010), y en las provincias de Barcelona y Girona, con casi 670 ha (Centre de la Propietat Forestal, comunicación personal), siendo en esta última provincia una especie tradicional, sobre todo en el valle del río Ter (Clopés, 2008).



El uso medicinal es minoritario, si bien se citan los derivados del fitol en las hojas de *P. orientalis* y *P. occidentalis* con efecto antiinflamatorio (Sarwar, 2012; Kaul, 1993) y el ácido betulínico de las cortezas de *P. kerrii* para inhibir que inhibe al Virus de la Inmunodeficiencia Humana (Soler et al. 1996).

## CONCLUSIONES

1. El plátano de sombra es un híbrido producto del contacto entre *P. occidentalis*, especie norteamericana, y *P. orientalis*, autóctona de Europa.
2. El uso de marcadores moleculares ha sido clave para dilucidar el origen taxonómico del plátano de sombra.
3. El plátano de sombra es una especie de gran valor científico, ornamental y económico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Área de Territorio y Biodiversidad. Gobierno Vasco. 2010. Revisión de la Cartografía de Vegetación y Usos del suelo de la Comunidad Autónoma del País Vasco. 44 págs. Recuperado el 1 de febrero de 2012 de: [http://opendata.euskadi.net/w79contdata/es/contenidos/ds\\_geograficos/habitats/es\\_opendata/indice.html](http://opendata.euskadi.net/w79contdata/es/contenidos/ds_geograficos/habitats/es_opendata/indice.html)
- Besnard, G., Tagmount, A., Baradat, P., Vigoroux, A., Bervillé, A. 2002. Molecular approach of genetic affinities between wild and ornamental Platanus. *Euphytica* 126: 401-412.
- Cennamo, P., Cafasso, D. 2002. Molecular markers as a tool for the identification of hybrid plane trees. *Delpinoa* 44: 89-94
- Clopés, R. 2008. Selvicultura de *Platanus* spp. En: Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A. Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Madrid: Instituto Nacional de Investigación Agraria, pp: 1087-1090.
- Crane, P. 1989. Paleobotanical evidence on the early radiation of nonmagnoliid dicotyledons. *Plant Systematics and Evolution* 162: 165-191.
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press: New York. 1262 pp.
- de Gubernatis, A. 2003. Mitología de las plantas: Leyendas del reino vegetal vol II. Botánica Especial. Ed. J.J. Olañeta. Barcelona.
- Grimm, G., Denk, T. 2010. The reticulate origin of modern plane trees (*Platanus*, *Platanaceae*): A nuclear marker puzzle. *Taxon* 59: 134-147.
- IUCN. 2012. The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 20 de febrero de 2012 de <http://www.iucnredlist.org>
- Kaul, B. 1993. Platanus. En: Flora of North America North of Mexico vol. 3. Committee of Flora of North America North of Mexico. New York and Oxford. Recuperado el 20 de febrero de 2012 de [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=1&taxon\\_id=10703](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10703)
- Kubitzki, K. 1993. The Families and Genera of Vascular Plants. II. Flowering Plants-Dicotyledons. Berlín: Springer.
- Lang, K.R. 2010. Microsatellite development in Platanus for documenting gene flow among species. Tesis de Maestría inédita, California State University.
- López González, G. 1998. Sobre el plátano de paseo, *Platanus orientalis* var. *acerifolia* Aiton (Platanaceae) y su posible origen. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 56, nº 1, pp: 159 -161.
- López González, G. 2004. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Madrid: Mundiprensa.
- Martín, L., Alcázar, C. 2005. Sotos históricos de Aranjuez. Madrid: Ediciones Marañón.
- Maslova, N. P. 2010. Systematics of Fossil Platanoids and Hamamelids. *Paleontological Journal* 44: 1379-1466.
- Rocha Afonso, M. 1990. *Platanaceae*. En: Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J., Soriano, C. (eds.) Flora iberica vol. 2, pp: 3-5. Madrid: Real Jardín Botánico CSIC.
- Sarwar, A., Saqlain, H., Nazreen, S., Mahboob, M., y Hamid, H. 2012. Antiinflammatory and anti-nociceptive activities of *Platanus orientalis* Linn. and its ulcerogenic risk evaluation. *Journal of Ethnopharmacology* 143: 236-240.
- Soler, F., Poujade, C., Evers, M., Carry, J.-C., Hénin, Y., Bousseau, A., y otros. 1996. Betulinic Acid Derivatives: A New Class of Specific Inhibitors of Human Immunodeficiency Virus Type 1 Entry. *Journal of Medicine Chemistry* 39: 1069-1083.
- Stevens, P. F. 2012. *Proteales*. Recuperado el 09 de noviembre de 2012, de Angiosperm Phylogeny Site: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Soulioti, N., Tsopelas, P., Woodward, S. 2008. *Ceratocystis platani*: An invasive fungal pathogen threatening natural populations of oriental plane in Greece. Second Meeting of IUFRO Work Unit on Invasive Species in International Trade May 27-30, 2008. pp: 901-904. Shepherdstown, West Virginia.
- Swoczyna, T., Kalaji, H., Pietkiewicz, S. 2010. Photosynthetic apparatus efficiency of eight tree taxa as an indicator of their tolerance to urban environments. *Dendrobiology* 63: 65-75.



## Optimización de la dieta y la agricultura en comunidades rurales aisladas

Marín González, Omar

Tutor: Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio

*Grupo de Cooperación AgSystems. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. E.T.S.I. Agrónomos.*

*CEIGRAM. itdUPM. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: o.marin@upm.es*

### RESUMEN

Este trabajo pretende mejorar nuestro conocimiento sobre el funcionamiento de las comunidades campesinas de montaña en zonas tropicales. Además, analiza por medio de escenarios de simulación, el impacto de la agrodiversidad en la seguridad alimentaria y nutricional, así como su relación con los ingresos y los usos del suelo a nivel de la unidad familiar. Se ha comprobado que el incremento de la agrodiversidad, está asociado a una mejora en el suministro de energía y nutrientes en la dieta. También tiene un efecto positivo en los ingresos de las familias que adoptaron los sistemas más diversos.

**Palabras clave:** *Agrodiversidad, Ingestión de energía dietética, Unidad familiar*

### INTRODUCCIÓN

La Declaración del Milenio de las Naciones Unidas adoptó ocho objetivos de desarrollo (ODM) como meta para el 2015. Actualmente hay 870 millones de personas subnutridas en el mundo (FAOSTAT 2013) que no cubren las necesidades básicas nutricionales. La Agenda de Desarrollo post-2015 mantiene como prioridad la erradicación del hambre y la malnutrición para el desarrollo sostenible. En Nicaragua, la disponibilidad de alimentos es el 90% de la media del Suministro de Energía Alimentaria (SEA) de los países en vías de desarrollo establecida en 2.681 kcal persona<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Sin embargo, en zonas rurales y aisladas del norte del país ese porcentaje disminuye al 65%. La falta de asistencia técnica y capacitación entre los agricultores son problemas a los que se enfrentan las comunidades campesinas en las zonas pobres para satisfacer sus necesidades alimentarias (Merino, 2012). Existen unos requerimientos mínimos de cantidad energética, carbohidrato, proteína y grasa (USDA, 2013) que se estiman a partir de las necesidades energéticas y que están en función de la talla, el peso, el género, la edad, y del nivel de actividad física e intelectual (FAO/WHO/UNU, 2001). Para asegurar un aporte adecuado de energía, de ácidos grasos esenciales y de vitaminas liposolubles la cantidad de carbohidrato debe encontrarse entre 45% y 65% de la energía consumida, la proteína entre 5% y el 35% y la grasa entre el 20% y el 40% (USDA, 2013). Uno de los principales problemas de las zonas rurales aisladas de Nicaragua es la desnutrición debida al difícil acceso (físico y económico) y al consumo inadecuado de alimentos.

Los objetivos de este trabajo son: mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento de las comunidades campesinas aisladas de montaña en zonas subtropicales, y analizar el impacto de la agrodiversidad en la seguridad alimentaria y nutricional, así como su relación con los ingresos y los usos del suelo a nivel de la unidad familiar.

### MATERIAL Y MÉTODOS

La composición de las dietas (Tabla 1) se ha elaborado como posibles escenarios de diversificación de la alimentación a partir del patrón alimentario de once comunidades rurales aisladas del municipio de San José de Cusmapa en Nicaragua. El patrón alimentario se obtuvo a partir de 80 encuestas semiestructuradas realizadas en 2010. Las dietas basadas en el autoconsumo (Autoconsumo3 y Autoconsumo6), no realizaban compra de productos externos. El resto de dietas (Compra7, Compra10 y Compra12)



implicaban la compra de un complemento básico alimentario (CBA), que en su caso se suplementaba con arroz y carne (de pollo o vacuno), alimentos que no producía el agricultor y por tanto debía comprar.

**Tabla 1. Composición de las dietas planteadas como escenarios de diversificación de la alimentación en las comunidades rurales de San José de Cusmapa (Nicaragua).**

<b>Dieta<sup>a</sup></b>	<b>Cultivos</b>	<b>Ingesta mínima (g persona<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>)</b>
<b>Autoconsumo3</b>	Granos Básicos (Maíz + Frijol + Sorgo)	No hay
<b>Autoconsumo6</b>	Granos Básicos + Tubérculo + Hortaliza + Fruta	No hay
<b>Compra7</b>	Autoconsumo3 + CBA	Sorgo ≥3; Huevo≥6,3; Aceite≥9,6; Azúcar≥29,4
<b>Compra10</b>	Autoconsumo6 + CBA	Sorgo ≥3; Huevo≥6,3; Aceite≥9,6; Azúcar≥29,4; Hortaliza≥9,5; Fruta≥79,4
<b>Compra12</b>	Autoconsumo6 + CBA + Arroz + Carne	No hay

<sup>a</sup>El número indica el número total de alimentos incluidos en la dieta. CBA: es el complemento básico alimentario que está formado por leche, huevo, aceite y azúcar.

El cálculo de las cantidades de alimento ingeridas por familia se realizó con un sistema de ecuaciones (1 y 2) sujeto a las restricciones de la dieta y los cultivos (Tabla 1):

$$E = 0,65 CH + 0,23 L + 0,12 P \quad (1)$$

$$N_j = \sum_{i=1}^s k_i x_i \quad \forall x \geq 0 \quad (2)$$

Siendo: *E* la energía de la dieta (1735 kcal persona<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>); *N<sub>j</sub>*: Cantidad de nutriente [Carbohidrato (CH), Lípido (L), Proteína (P)]; *k<sub>i</sub>*: Porcentaje de nutriente *N* en cada alimento *i*; *x<sub>i</sub>*: Cantidad de alimento *i* necesario para satisfacer el sistema de ecuaciones; *s*: Número total de alimentos en la dieta (varía entre 3 y 12)

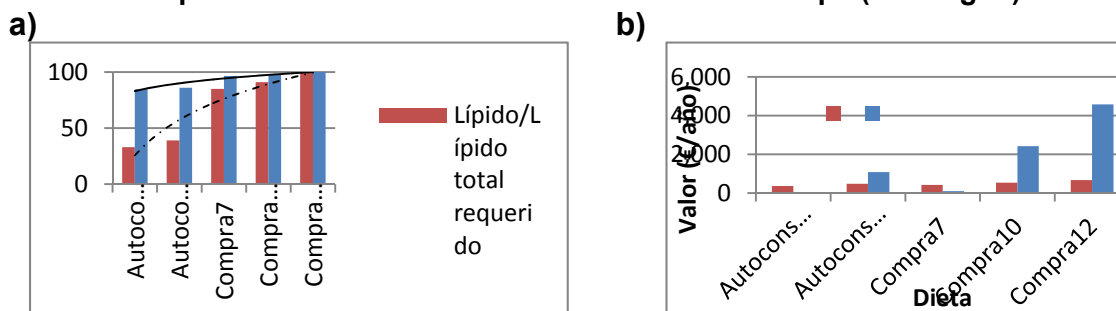
Suponiendo que la dieta debe proporcionar las necesidades energéticas medias de la región (1735 kcal persona<sup>-1</sup> y día<sup>-1</sup>), con una distribución de nutrientes en la dieta de 65% en carbohidratos, 23% en lípidos y el 12% de proteína, se consideró como límite máximo de insumo de cada producto la producción media *per cápita* del país (FAOSTAT, 2013). En el caso del consumo de carne, se usaron datos obtenidos en las encuestas (60 g persona<sup>-1</sup> y día<sup>-1</sup>) como límite máximo, ya que este es bastante mayor que el de la media del país (9,1 g persona<sup>-1</sup> y día<sup>-1</sup>). Se consideró una superficie cultivada de 1,44 ha por familia, igual para todos los escenarios. La superficie dedicada a cada cultivo se calculó a partir de las cantidades de alimento ingeridas y la superficie restante se dividió en partes iguales entre tubérculos, hortalizas y frutales. Los valores de rendimiento, precio y producción media se obtuvieron a partir de encuestas realizadas en la comunidad rural y del Sistema de Integración Centroamericano (SICA, 2010). En su defecto, estos valores se calcularon a partir de datos medios del país o de Centroamérica (FAOSTAT, 2013). Para los cálculos de algunos cultivos se usaron valores medios, como es el caso del tubérculo (yuca (*Manihot esculenta* Crandtz) y patata (*Solanum tuberosum* L.)), la hortaliza (cebolla (*Allium cepa* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) H. Karst.), ayote (*Cucurbita pepo* L.)) o la fruta (limón (*Citrus medica* L.), la naranja (*Citrus sinensis* Thompson), aguacate (*Persea americana* Mill.), guineo verde (*Musa acuminata* Colla), y piña (*Ananas comosus* L.)). Los valores nutricionales de los alimentos, así como las proporciones de nutrientes consideradas recomendables se obtuvieron de la *National Nutrient Database for Standard Reference* (USDA, 2013). En el caso del tubérculo, hortaliza y fruta también se realizó el cálculo de los valores medios nutricionales.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La única dieta que proporcionó el total de lípidos y energía requeridos para una distribución de nutrientes considerada equilibrada y saludable fue la Compra12. El resto de dietas suministraba una proporción adecuada de carbohidratos y proteínas, pero eran deficitarias en lípidos y energía (Figura 1a). En las dietas de autoconsumo, los valores de grasas consumidas eran muy bajos frente a las dietas que incluían alimentos comprados. Esto es debido al bajo contenido graso de los alimentos producidos por el agricultor (granos básicos, tubérculos, hortalizas, frutas). En el caso de las dietas compra7 y compra10 no se alcanzaron los requerimientos mínimos de grasa y energía pese a su aumento respecto a las dietas de autoconsumo, debido a los límites máximos establecidos para el consumo de aceite, huevo o leche (Tabla 1). Existió un incremento en el coste medio de los alimentos consumidos según aumentaba la diversificación. Se pasó de 357,1 €/año en autoconsumo de granos básicos (Autoconsumo 3) a 477,5 €/año al introducir tubérculos, hortalizas y frutales (Autoconsumo 6) (Figura 1b). En el resto de dietas observamos el mismo comportamiento, pasando de 416,9 €/año en compra7 a 537,3 €/año y 668,1 €/año para compra10 y compra12, respectivamente. Sin embargo, al diversificar la producción se vio beneficiado el patrón de consumo alimentario (Figura 1b) debido a que una parte de la producción se pudo dedicar a la venta, cuyos ingresos permiten la compra de alimentos complementarios. Los ingresos familiares pasaron de 26,9 €/año a 1079,2 €/año en el caso de dietas basadas en autoconsumo y de 94,1 €/año para la dieta compra7 a 2421,03 €/año con la dieta compra10 hasta alcanzar los 4578,62 €/año para la dieta compra12.

**Figura 1. a) Porcentaje de lípidos y energía de cada dieta sobre el total necesario; b) Ingreso por venta y coste del consumo alimentario total (€/año) para una familia tipo en función su dieta en San José de Cusmapa (Nicaragua).**



La superficie y producción dedicada a granos básicos disminuyó, a medida que aumentó la agrodiversidad. En autoconsumo6, existió una disminución de 0,15 ha de maíz, 0,004 ha de frijol y 0,03 ha de sorgo con respecto al autoconsumo3 (Tabla 2). Esta superficie se dedicó a cultivos con mayor valor añadido cuya venta generó un aumento de 1052 €/año en los ingresos de la unidad familiar frente a los 27 €/año ingresados en autoconsumo3 (Figura 1b). Con compra10, pese a una disminución de 167 kg/año en la producción de maíz, 57 kg/año de frijol y 130 kg/año de sorgo con respecto a compra7, el coste del consumo se mantuvo similar, aumentando los ingresos familiares en 2327 €/año frente a los 94 €/año ingresados en compra7. La dieta compra12 presentó una disminución aún mayor en la superficie dedicada a granos básicos con respecto a la dieta compra7 (0,7 ha frente a las 0,4 de compra10) y un mayor aumento de los ingresos familiares (4485 €/año más que en compra7). Una parte de los ingresos obtenidos por la diversificación de cultivos se puede dedicar a complementar la dieta (160 €/año de CBA con compra7 y compra10 y 423 €/año con compra12). Si comparamos la producción del agricultor tipo con la de los escenarios propuestos observamos que se encuentra entre la dieta



autoconsumo<sup>6</sup> y compra<sup>10</sup>, lo que indica que aún puede mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y aumentar los ingresos familiares.

**Tabla 2. Superficie, producción y consumo en las comunidades rurales aisladas de San José de Cusmapa (Nicaragua).**

Escenario/Dieta	Parámetro	Maíz	Frijol	Sorgo	Tubérculo	Hortalizas	Frutas	CBA	TOTAL
Autoconsumo <sup>3</sup>	Rendimiento Medio Útil (kg/ha)	750	757	1.301	13.600	9.831	22.757		
	Precio percibido agricultor (€/kg)	0,21	0,67	0,21	0,48	0,65	0,28		
	Superficie Fam. (ha)	0,97	0,43	0,03					
	Producción Fam. (kg/año)	724,5	329,2	44,9					
	Coste consumo Fam. (€/año)	148,6	206,8	1,6					357,1
Autoconsumo <sup>6</sup>	Superficie Fam. (ha)	0,81	0,43	0,01	0,06	0,06	0,07		
	Producción Fam. (kg/año)	610,9	326,0	7,7	809,1	577,3	1.608,4		
	Coste consumo Fam. (€/año)	129,2	219,2	1,6	21,3	15,7	90,6		477,5
	Superficie Fam. (ha)	1,02	0,32	0,11					
Compra <sup>7</sup>	Producción Fam. (kg/año)	764,3	238,5	137,9					
	Coste consumo Fam. (€/año)	145,7	109,4	1,6				160,1	416,9
	Superficie Fam. (ha)	0,80	0,24	0,01	0,13	0,13	0,14		
Compra <sup>10</sup>	Producción Fam. (kg/año)	597,1	181,1	7,7	1.760,4	1.265,0	3.200,1		
	Coste consumo Fam. (€/año)	126,2	121,8	1,6	21,3	15,7	90,6	160,1	537,3
	Superficie Fam. (ha)	0,59	0,11	0,01	0,24	0,24	0,25		
Compra <sup>12</sup>	Producción Fam. (kg/año)	444,1	84,3	7,7	3.289,9	2.370,6	5.634,1		
	Coste consumo Fam. (€/año)	93,9	56,7	1,6	21,3	15,7	56,0	422,9 <sup>a</sup>	668,1
	Superficie Fam. (ha)	0,65	0,33	0,11	0,07	0,14	0,14		
Agricultor tipo <sup>6</sup>	Producción Fam. (kg/año)	490,5	247,5	141,8	952,0	799,9	3.186,0		

<sup>a</sup>En el caso de la dieta Compra<sup>12</sup>, el coste del consumo de la CBA incluye arroz y carne.

## CONCLUSIONES

La alimentación de los agricultores de granos básicos en las comunidades analizadas es deficitaria en términos de energía y grasas. Por esta razón las ONGs que trabajan en la zona tratan de diversificar la dieta. Sin embargo, la diversificación de cultivos de los agricultores de granos básicos en comunidades aisladas de Nicaragua supone un incremento de los costes de producción en su alimentación. Este sobre coste de la diversificación puede ser compensado por el incremento del valor de venta de los productos excedentarios. Por lo que la comercialización de dichos productos va a ser clave para la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional y la mejora de los sistemas de producción mediante la diversificación de cultivos.

## AGRADECIMIENTOS

Al programa de Formación del Profesorado Universitarios (FPU) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte por la Beca a Omar Marín González. A la financiación de la Universidad Politécnica de Madrid en las Convocatorias de Subvenciones y Ayudas para Acciones de Cooperación Universitaria para el Desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

- FAO/WHO/UNU, 2001. Human energy requirements. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5686e/y5686e00.htm>. [Último acceso: 14 Marzo 2013].
- FAOSTAT, 2012. FAOSTAT. [En línea] <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>
- SICA, 2010. Caracterización de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Municipio de San José de Cusmapa, Departamento de Madriz, Nicaragua.
- USDA, 2005. My Pyramid. [En línea] [http://www.choosemyplate.gov/food-groups/downloads/MyPyramid\\_Getting\\_Started.pdf](http://www.choosemyplate.gov/food-groups/downloads/MyPyramid_Getting_Started.pdf). [Último acceso: 14 Marzo 2013].
- USDA, 2013. National Nutrient Database for Standard Reference. [En línea] <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. [Último acceso: 14 Marzo 2013].
- Merino Zazo A., 2012. Seguridad alimentaria y nutricional de la agricultura campesina de San José de Cusmapa (Nicaragua). Ed.? pp 274.





## Diseño de herramientas de labranza combinando criterios biomiméticos y métodos numéricos

Santana, Nuria; Diego, Patricia

Tutores: Barreiro, Pilar

Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: [nuria.svega@alumnos.upm.es](mailto:nuria.svega@alumnos.upm.es), [p.diego@alumnos.upm.es](mailto:p.diego@alumnos.upm.es)

### RESUMEN

El laboreo de conservación requiere el diseño de herramientas de labranza que cumplan criterios de calidad de la labor, resistencia al desgaste y reducción del consumo energético (debido fundamentalmente a la adherencia suelo/herramienta). La biomimética es la ciencia que refiere al estudio de la estructura y la función de los sistemas biológicos como modelos para el diseño y fabricación de materiales y máquinas, en un proceso de ingeniería inversa en que el ser humano saca provecho de los procesos evolutivos de la naturaleza. En este trabajo de revisión, 1998-2013, se describen las respuestas adaptativas de diversos seres vivos al problema de la adherencia, y se analiza el caso concreto de optimización de una vertedera, un brazo de subsolador y un disco de corte empleando modelos numéricos y criterios biomiméticos. En todos los casos las etapas llevadas a cabo por distintos investigadores son: formulación del modelo de elementos finitos del apero, para posteriormente (en función de las condiciones de contorno) y de propiedades del suelo, obtener los resultados de la simulación. Por último se verifica experimentalmente con datos reales (sólo en dos de los tres ejemplos). Como resultado, comprobamos que en el caso del disco de corte la tensión total que soporta el material se reduce en un 34% con un diseño optimizado, mientras que en el caso del subsolador biomimético la resistencia horizontal y vertical se reducen en un 7% y 24% respectivamente.

**Palabras clave:** *Laboreo, Eficiencia energética, Desgaste de aperos*

### INTRODUCCION

En la última década, se han publicado dos trabajos de revisión (Ren et al, 2001),(Chirende y Li, 2009) que analizan las características de los organismos terrestres: su carácter anti-adherente y su posible aplicación al diseño de aperos energéticamente más eficientes. De acuerdo con ellos, el fenómeno de la adhesión se produce debido al contacto del suelo con un interfaz sólido, y es debida a la presión de capilaridad y a la resistencia viscosa cuando superficie de contacto está húmeda, mientras que en condiciones de suelo seco depende de la atracción molecular y de la depresión del aire. Los factores que influyen en la adherencia incluyen: la naturaleza y propiedades del suelo, las de la superficie de los componentes de los aperos de labranza, y de las condiciones de trabajo (Figura 1) para los que los organismos vivos han desarrollado diversas adaptaciones. La textura es un factor relevante. A medida que la proporción de partículas de arcilla aumenta, la adherencia se incrementa correlativamente. Los valores máximos de adhesión se producen cuando el contenido en humedad del suelo se encuentra entre el límite plástico y el límite líquido según clasificación de Atterberg.

Por otra parte, la estructura atómica o molecular del apero incide en la tensión superficial del material y en el ángulo de contacto con el suelo ( $\theta$ ), clasificándose en: superficies de alta energía generalmente hidrofílicas ( $\theta < 90^\circ$ ) que favorecen la adhesión, mientras que las superficies de baja energía son hidrofóbicas ( $\theta > 90^\circ$ ) y por tanto reducen la adhesión; la piel humana por ejemplo se sitúa en límite entre ambos con  $\theta = 90^\circ$ .

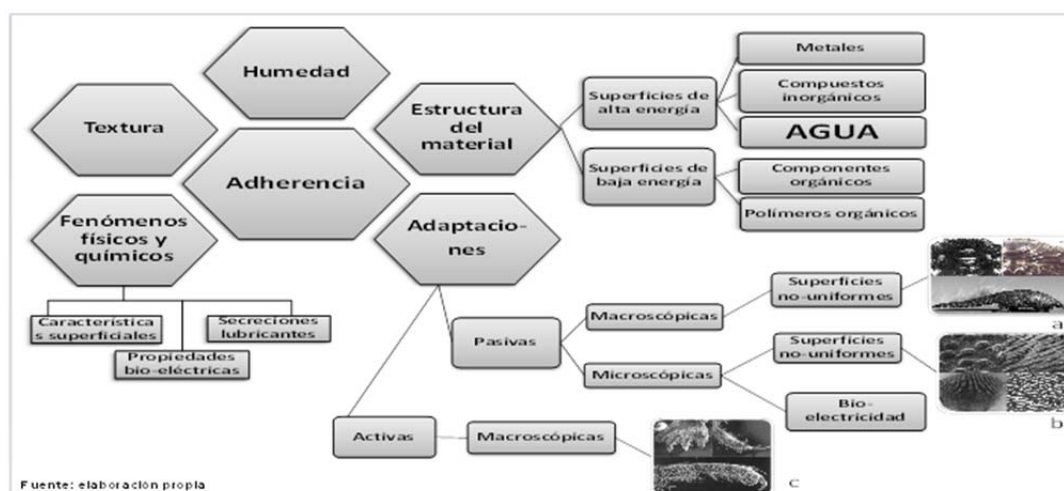
Los seres vivos han desarrollado dos tipos de adaptaciones evolutivas, las activas en las cuales el animal modifica el medio y las pasivas en las que es el animal el que se adapta al medio (Ren et al, 2001),(Tong et al, 2005) (Figura 1). Entre éstas últimas, las



superficies no-uniformes a nivel macroscópico ayudan a disminuir la superficie de contacto con el suelo, y a nivel microscópico contribuyen a mejorar las propiedades anti-adherentes. La bio-electricidad, adaptación pasiva microscópica, se basa en la diferencia de potencial eléctrico que se crea con el movimiento: potenciales de acción y de reposo. Un caso destacable es la lombriz de tierra que presenta el fenómeno microscópico de la electro-ósmosis (Ren et al, 2001): moviliza el agua del suelo hacia la zona de contacto provocando un efecto de lubricación.

En este trabajo de revisión, 1998-2013, se describen las respuestas adaptativas de diversos seres vivos al problema de la adherencia, y se analiza el caso concreto de optimización de una vertedera, un brazo de subsolador y un disco de corte empleando modelos numéricos y criterios biomiméticos.

**Figura 1. Esquema de las respuestas adaptativas al problema de la Adherencia; las imágenes a y b proceden de (Tong et al, 2009) y c de (Ren et al, 2001).**



## BIOMIMETISMO Y ADAPTACIONES

El objetivo de la biomimética es modelizar las estructuras naturales, para conseguir imitar de manera fiel sus características y propiedades, y determinar si una vez incorporadas en un elemento artificial como por ejemplo los aperos estas propiedades se reproducen en ellos. Tal y como se recoge en la Figura 2, el análisis funcional, morfológico y estructural del sistema natural permite caracterizar específicamente las superficies de los organismos a nivel macroscópico y microscópico, así como el funcionamiento de los diversos procesos: bio-electricidad, electro-ósmosis y lubricación.

Para el diseño biomimético de algunos aperos de labranza se han seleccionado materiales de baja energía (hidrofóbicos) como el teflón (politetrafluoroetileno-PTFE) (Ren et al, 2001) o el polietileno de alto peso molecular (UHMWPE) (Ren et al, 2001), (Soni y Salokhe, 2006), (Soni et al, 2007), (Formato et al, 2005), aunque el inconveniente es su baja resistencia a la abrasión. El empleo en cambio de teflón reforzado con partículas de óxido de aluminio ofrece mejores resultados en cuanto a anti adherencia y resistencia a la abrasión (Ren et al, 2001). Por otra parte, la incorporación de estos materiales en forma de protuberancias convexas y depresiones cóncavas, con una distribución regular o irregular, sobre la superficie de los aperos también contribuye a disminuir hasta en un 26% la resistencia específica a la labranza con un efecto variable según la velocidad de trabajo (Soni et al, 2007).

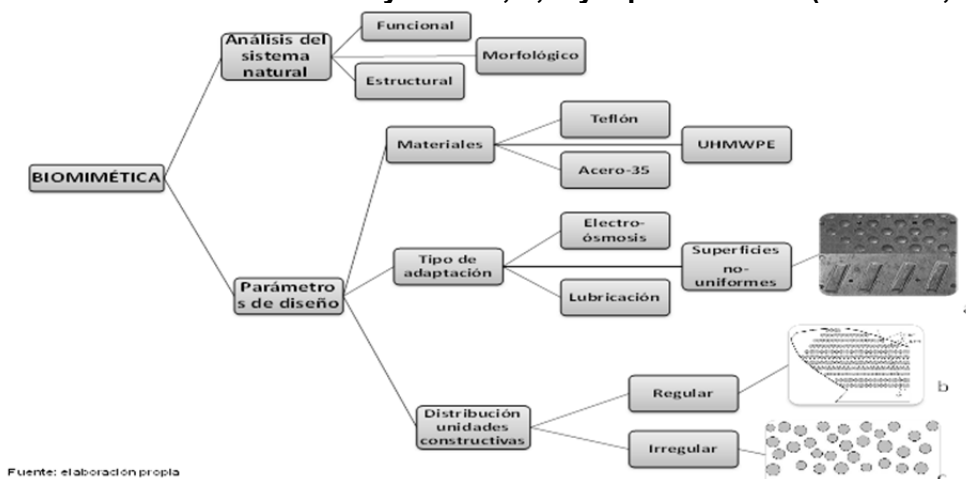
Incorporar el empleo de electro-ósmosis (ejemplo de bio-electricidad a nivel microscópico) al diseño de aperos de labranza es complejo, dado que la electro-ósmosis (más significativa en suelos arcillosos que arenosos), es difícil de aplicar puesto que requiere un tiempo de contacto prolongado apero/suelo y un voltaje elevado (por encima de 45 V). Por otra parte, la lubricación (que requiere un depósito para el fluido) no se contempla como solución general para los aperos de labranza.



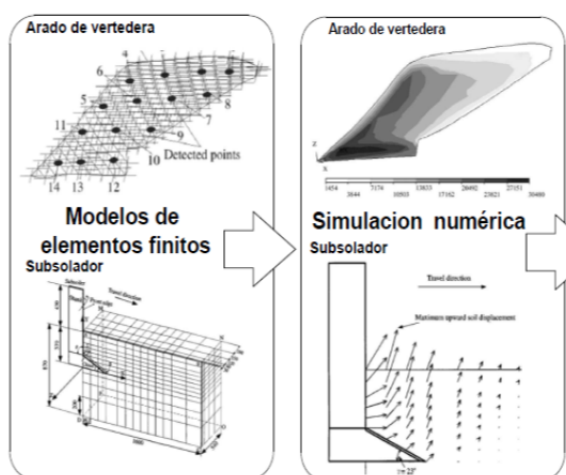
## MODELOS DE ELEMENTOS FINITOS Y EXPERIMENTACIÓN DIRIGIDA

En la Figura 3 se representa la modelización numérica de dos aperos de labranza: por una parte un arado de vertedera y por otro un subsolador. En ambos casos se suceden las mismas etapas: formulación del modelo de elementos finitos del apero, para posteriormente, en función de las condiciones de contorno y de propiedades del suelo, obtener los resultados de la simulación. Por último se verifica experimentalmente con datos reales, efectuando una comparación numérica entre ambos para establecer la calidad y fiabilidad del modelo. La Tabla 1 resume las características de los modelos y los resultados en diversos estudios (1999-2013), la biomimética se incorpora en 2006.

**Figura 2. Biomimética: análisis y diseño; a, b y c proceden de (Ren et al, 2001).**



La Figura 4 representa el estudio biomimético de la configuración morfológica de la garra de una rata de campo, incorporada a dos aperos: un disco de corte y un brazo de subsolador, que son modelizados mediante elementos finitos (ZhiJun et al, 2009) y (Li et al, 2013). En el caso del disco de corte la tensión total que soporta el material se reduce en un 34% y la tensión normal 22.6%, mostrando una mayor resistencia estructural y eficiencia de corte. En el caso del subsolador biomimético la resistencia horizontal y vertical se reduce en un 7% y 24%.



**Figura 3. Proceso de validación de los modelos numéricos.** Fuente: elaboración propia a partir de (Mouazen y Neményi, 1999), (Mouazen et al, 1999), (Formato et al, 2005).

**Tabla 1. Resumen del procedimiento seguido en los diferentes artículos.**

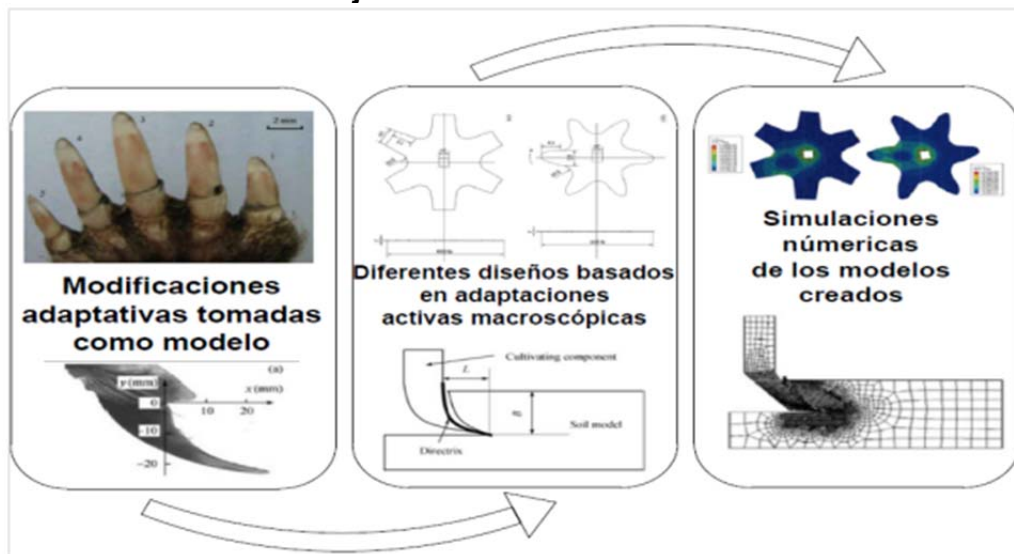
Publicación (año)	Diseño biomimético	Nodos en el modelo FEM	Validación experimental
Mouazen y Neményi, 1999	—	1374	error del 11-20%
Formato et al, 2005	—	150 000	$r^2=0,997$
Soni y Salokhe, 2006	APm y APM <sup>1</sup>	—	✓
Soni et al, 2007	APm y APM <sup>1</sup>	—	$r^2>0,9$
Tong et al, 2009	APm y APM <sup>1</sup>	450	✓
ZhiJun et al, 2009	AAM <sup>2</sup>	1100	✓
Li et al, 2013	AAM <sup>2</sup>	10192	—

<sup>1</sup> APm y APM: Adaptación pasiva microscópica y macroscópica. <sup>2</sup> AAM

Adaptación activa macroscópica. Fuente: elaboración propia.



**Figura 4. Proceso de experimentación dirigida basándose en adaptaciones para mejorar los diseños actuales.**



Fuente: Elaboración propia a partir de (ZhiJun et al, 2009) y (Li et al, 2013).

## CONCLUSIONES

El estudio de la biomimética combinado con herramientas de modelización en ingeniería como son los elementos finitos, permite optimizar más rápidamente y con un menor coste de desarrollo los diseños de los aperos de labranza en aspectos relativos a la eficiencia energética y el desgaste. Los resultados obtenidos en algunos ensayos experimentales de diferentes tipos de adaptaciones, tanto pasivas como activas, son prometedores aunque esta metodología está todavía en fase de desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chirende y Li, 2009. Review on application of biomimetics in the design of agricultural implements-Standard review. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* Vol.4 (2) pp. 042-048.
- Formato et al, 2005. Numerical Simulation of Soil-plough Mouldboard Interaction. *Biosystems Engineering* 92 (3), 309-3016.
- Li et al, 2013. Biomimetic Design of a Stubble-Cutting Disc Using Finite Element Analysis. *Journal of Bionic Engineering* 10, 118-127.
- Mouazen, y Neményi, 1998. A review of the finite modeling techniques of soil tillage. *Mathematics and Computers in Simulation* 48, 23-32.
- Mouazen y Neményi, 1999. Tillage Tool by the Finite Element Method: Part 1. Finite Element Modelling of Soil Plastic Behaviour. *Journal of Agricultural Engng Reserch* 72, 37-51.
- Mouazen et al, 1999. Tillage Tool Design by the Finite Element Method: Part 2. Experimental Validation of the Finite Element Results with Soil Bin Test. *Journal of Agricultural Engng Reserch* 72, 53-58.
- Ren et al, 2001. Soil Adhesion and Biomimetics of Soil-engaging Components: a Review. *Silsoe Reserch Institute*, 239-260.
- Soni y Salokhe, 2006. Influence of Dimensions of UHMW-PE Protuberances on Sliding Resisitance and Normal Adhesion of Bangkok Clay Soil to Biomimetic Plates. *Journal of Bionic Engineering* 3, 063-071.
- Soni et al, 2007. Modification of a mouldboard plough surface using arrays of polyethylene protuberances. *Journal of Terramechanics* 44, 411-422.
- Tong et al, 2005. Geometrical features and wettability and dung beetle and potential biomimetic engineering applications in tillage implements. *Soil & Tillage Reserch* 1-12.
- Tong et al, 2009. Effects of Biomimetic Surface Designs on Furrow Opener Performance. *Journal of Bionic Engineering* (6), 280-289.
- ZhiJun et al, 2009. Bionic optimization research of soil cultivating component design. *Science in China Series E; Technological Sciences*, vol.52, no 4, 955-956.



## Detección precoz de mortalidad en producciones avícolas empleando termografía de alta resolución

Blas Morente, Alejandro<sup>1</sup>; Diezma, Belén<sup>1</sup>

Tutores: Moya, Adolfo<sup>1</sup>; Gómez, Cristina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Rural, Grupo de investigación LPF-tagralia, CEI Moncloa. UPM

<sup>2</sup>Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET) de la Universidad Complutense de Madrid.

Correo electrónico autor: a.blas.morente@gmail.com

### RESUMEN

La imagen termográfica es una técnica basada en la conversión de la radiación infrarroja de un objeto a imágenes visibles para su posterior análisis. Las variaciones de temperatura que se producen en los cuerpos de los animales tras la muerte permiten suponer que la imagen térmica infrarroja dinámica sería un procedimiento adecuado para la identificación de aves muertas. Así pues, el objetivo principal del presente trabajo es contribuir a la mejora del bienestar animal de gallinas en producciones avícolas evaluando: a) la viabilidad de la imagen térmica para la identificación temprana de ejemplares muertos y b) la viabilidad de implementación de dispositivos autónomos registradores de T<sup>a</sup> tipo RFID TurboTag para la supervisión ambiental. De marzo a abril de 2012 se procedió a la toma de datos de T<sup>a</sup> ambiental en las instalaciones de la Facultad de Veterinaria (UCM) y de imágenes infrarrojas mediante cámara termográfica tras la muerte de los animales para el análisis de los mismos. Los resultados obtenidos muestran que aquellas zonas del cuerpo con ausencia de plumaje (cara, cresta y patas) son las mejores como indicadores para la observación de la dinámica acusada de descenso de temperatura respecto al tiempo tras la muerte. Se han ajustado modelos matemáticos (regresión logística con  $r^2$  superiores a 0,97) que mejoran la comprensión de dicha dinámica y permitirían la definición de algoritmos para la detección automática de animales muertos. Además, las tarjetas TurboTag suponen una herramienta eficaz (detectándose diferencias de T<sup>a</sup> de hasta 40°C entre las distintas ubicaciones de las tarjetas) y de bajo coste para la caracterización ambiental de los gallineros.

**Palabras clave:** Bienestar animal, Imagen térmica infrarroja, Control ambiental.

### INTRODUCCION

La imagen termográfica (thermalimaging, TI) es una técnica basada en la conversión de la radiación infrarroja de un objeto a imágenes visibles para su posterior análisis. Las imágenes térmicas se pueden aplicar en todos los campos en los que las diferencias de temperatura puedan ser utilizadas para una evaluación, diagnóstico o análisis de un proceso o producto. Por ello, ofrece grandes posibilidades en campos como el de la agricultura y la veterinaria (Vadivambal y Jayas 2011), como la monitorización y validación de temperatura en alimentos, en calidad post-cosecha o calidad de grano (Ibarra, Tao & Xin 2000; Meinlschmidt y Margner 2002; Foster et al. 2006; Gowen et al. 2007). El uso de TI en producciones avícolas ya ha sido documentado por diversos autores: para la evaluación de la pérdida de calor sensible en los pollos jóvenes (Ferreira et al. 2011), el registro la temperatura de la superficie de la piel y plumas (Do Nascimento et al. 2011), como herramienta de diagnóstico no invasiva de detección de enfermedades (Wilcox, Patterson & Cheng 2009), cuantificación de la distribución superficial de temperaturas corporales (Cangar et al. 2008; Naeaes et al. 2010), la cuantificación de plumaje (Cook et al. 2006), o como indicador para medir el estado termo-fisiológico (Yahav, S., Giloh, M. 2012). La hipótesis inicial del presente trabajo se basa en que si se consigue cuantificar de forma precoz la incidencia de muertes será posible retirar los cuerpos de forma temprana y evitar así la transmisión de patógenos. Así pues, el objetivo principal del presente estudio es la utilización de técnicas de imágenes térmicas para la detección temprana de mortalidad como vía de mejora del bienestar animal en



producciones intensivas avícolas. Complementariamente, se dispuso de una variedad de tecnologías inalámbricas destinadas a la caracterización ambiental de estabulados intensivos. Siendo por tanto los objetivos específicos: la caracterización de la dinámica de temperaturas en ejemplares sacrificados, cuantificación de la variabilidad de temperatura en los cuerpos analizados, identificación de las partes del cuerpo más adecuadas para detectar descensos de temperatura debidos a muerte, generación de algoritmos para detección de ejemplares muertos, el estudio de la implementación del sistema en explotaciones comerciales, y el estudio de la temperatura ambiente de las instalaciones.

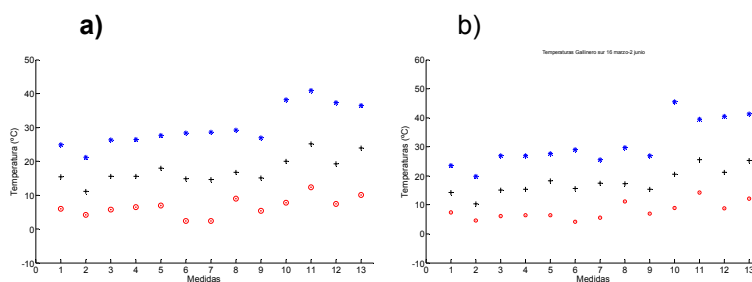
## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se ha desarrollado mediante colaboración entre el grupo de investigación LPF-TAGRALIA del departamento de Ingeniería Rural de la UPM y el Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET) de la UCM. Para el mismo se han dispuesto de las instalaciones de avicultura de la Facultad de Veterinaria de la UCM. Aprovechando la disponibilidad de animales en el marco del proyecto de investigación que llevó a cabo VISAVET para la evaluación de distintos programas de vacunación frente a *Salmonella spp.* en gallinas, se ha llevado a cabo el presente estudio. Las gallinas utilizadas (240) se encontraban repartidas en dos instalaciones: gallinero norte, y gallinero sur. Durante 78 días se procedió al registro de las temperaturas en el interior de los gallineros, mediante tarjetas TurboTag T-702 (dataloggers con una capacidad de almacenaje de 702 datos de tiempo y  $T^a$  ambiente), distribuidas en diversas posiciones y alturas. Las medidas fueron tomadas del 16 de marzo al 2 de junio, distribuidas en 13 periodos de adquisición de datos, cada uno en una fecha y con frecuencia de muestreo distinta. Igualmente se estableció un ensayo para la adquisición de imágenes de gallinas inmediatamente después de la muerte durante una necropsia programada el 17 de mayo. La toma de imágenes se llevó a cabo con la cámara de termografía T425 FLIR, desde el momento inicial de muerte de los animales hasta 168 minutos después de la muerte de los mismos, a una distancia fija de 1,5 metros, a intervalos fijos de tres minutos. Tras la toma de datos e imágenes se procedió al análisis de los mismos mediante técnicas convencionales de análisis de imagen y específicas de termografía con MatLab y FLIR QuickReport 1.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los datos registrados para las TurboTag fueron extraídos y procesados mediante rutinas propias desarrolladas con Matlab, obteniendo las temperaturas medias, mínimas y máximas de cada una de las mediciones. Las gallinas son homeotérmicas con capacidad de mantener su temperatura interna constante de manera uniforme. Así, la zona de neutralidad o confort térmico para gallinas adultas oscila entre 12 y 24 °C, siendo una temperatura superior a 47°C letal (Quiles & Hevia 2004). El registro de las TurboTag durante los 78 días, ofreció resultados de temperaturas medias dentro de los límites de confort térmico (entre los 10 y los 22-23 °C) (Figura 1).

**Figura 1. Datos de temperaturas medias (cruz negra), mínimas (círculo rojo) y máximas (asterisco azul) de cada una de las trece mediciones, entre el 16 de abril y el 2 de junio, en el gallinero norte (a) y gallinero sur (b).**



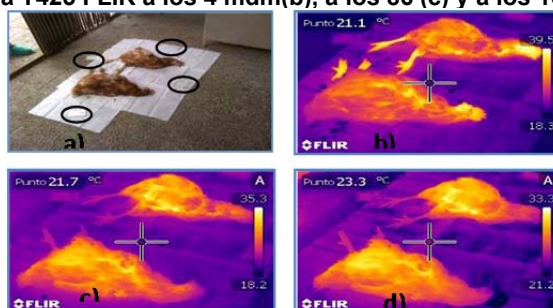




En cambio, también se produjeron temperaturas fuera de los límites, las temperaturas máximas estuvieron comprendidas entre 20 y 43°C pero no se superó en ningún momento los 45°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, en su gran mayoría se encontraban fuera de la zona de neutralidad térmica. Estos datos observados son posiblemente debidos a localizaciones concretas de las tarjetas TurboTag en el interior de las naves, tales como el techo y la puerta.

Para el análisis de imágenes se analizaron las 54 fotos infrarrojas tomadas durante los 168 minutos después de la muerte (mdm) de los animales durante la necropsia. Se realizó una segmentación basada en el umbral de los niveles de gris para separar el fondo de los cuerpos, mediante una rutina en Matlab, de tres imágenes: la primera imagen tomada, a los 4 mdm de los animales, otra a los 86 mdm y la última a los 168 mdm. Con la segmentación y concatenación de las tres imágenes, se pudo observar la variación térmica superficial corporal de las gallinas respecto al tiempo, y así, se pudo determinar que las partes de la gallina con ausencia de plumaje (cresta, cara y patas) eran las zonas corporales donde mayor variación de temperatura respecto al tiempo se observaba, y por ende, podrían ser empleadas como indicadores tempranos de variaciones térmicas corporales tras la muerte. En la Figura 2 se puede observar la imagen real de las gallinas, así como las imágenes térmicas a los 4, 86 y 168 mdm. Mediante el software de la cámara térmica para análisis de imágenes, FlirQuickReport 1.2, se seleccionó un área representativa dentro de las zonas libres de plumaje (cara, cresta y patas), determinando su temperatura y exportando los datos en formato numérico.

**Figura 2. Imagen real de la disposición de las gallinas (a) y las imágenes térmicas realizadas con la T425 FLIR a los 4 mdm(b), a los 86 (c) y a los 168 (d).**



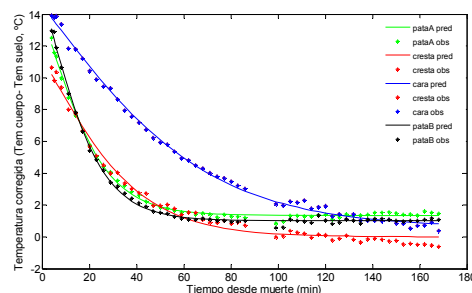
De esta forma, se obtuvieron un total de 54 conjuntos de datos de temperaturas de áreas de la cresta, cara, y patas. La relación temperatura corporal –tiempo desde muerte, responde a una logística cuya expresión es:  $x = a/(1+e(b*x))+c$ . Donde  $a$  es el parámetro que define la diferencia entre el límite superior e inferior de la temperatura,  $b$  es el valor del exponente, y  $c$  es el límite inferior al que tiende la temperatura. A continuación se realizó un segundo ajuste incluyendo la temperatura ambiente (todos estos ajustes se llevaron a cabo en Matlab), con datos obtenidos de  $T^a$  del suelo donde se encontraban las gallinas obtenidos a través de la imagen térmica.

Así, se ajustó una función logística a los nuevos valores obtenidos para cada parte del cuerpo (restando a la  $T^a$  de cada parte del cuerpo la correspondiente del suelo en ese instante) (Figura 3). Se puede observar que los datos corregidos de las cuatro partes del cuerpo (representadas mediante asterisco) se correlacionaron con el ajuste realizado, (todos ellos con una  $r^2 > 0,996$ ). La mayor variación porcentual de los datos observados de la temperatura corporal respecto a la temperatura inicial en el momento de la muerte, fue en la cara, con un 33%. La cresta, tiene una variación de temperatura respecto a la inicial de un 31%, mientras que es en las patas, donde menores cambios se aprecian respecto a la temperatura inicial tras la muerte (28% la pata A y un 29% para la pata B). A tenor de estos resultados, con el modelo creado, se observa que aquellas partes del cuerpo sin plumaje: cara, cresta y patas, sufren un gran cambio de temperatura respecto al tiempo después de la muerte, como ya concluyeron diversos autores en sus estudios (Cook et al. 2006; Cangar et al. 2008; Naeae et al. 2010). Las patas, pueden ser buenos indicadores



ya que presentan una curva de variación de temperatura respecto a los mdm con gran pendiente, indicando que es donde más rápidamente se pueden observar resultados de bajadas de temperatura. En cambio, a partir de aproximadamente 70 mdm en las condiciones del ensayo, la temperatura corporal en estas zonas del cuerpo se estabiliza, y la variación de temperatura respecto a la inicial es menor que en cara y cresta.

**Figura 3. Datos registrados de la media de la temperatura corregida ( $T^a$  en cuerpo –  $T^a$  suelo, con asterisco) y los datos realizando el ajuste con corrección de suelo (datos en línea continua) respecto al tiempo desde la muerte de la gallina hasta los 168 minutos, de la cara (azul), pata A (amarillo), pata B (negro) y cresta (rojo).**



## CONCLUSIONES

Tras el análisis de datos obtenidos y a tenor de los resultados, las conclusiones son: a) bajo condiciones ad hoc de adquisición de imágenes la TI ha resultado una técnica viable para la detección temprana de ejemplares muertos en producciones avícolas, b) aquellas zonas del cuerpo más adecuadas para la detección de cambios de temperatura tras la muerte, son aquellas sin plumaje, (cara, cresta y patas), c) en estas zonas se observa una dinámica acusada de descenso de temperatura respecto al tiempo tras la muerte. En la cara el descenso respecto a la temperatura inicial tras la muerte es mayor que en cresta y patas, d) la cara es aquella zona del cuerpo donde se produce una bajada de temperatura tras la muerte más lenta. Las patas son la zona del cuerpo donde más rápidamente se pueden observar grandes descensos de  $T^a$ , e) los modelos que incluyen la temperatura ambiente se han mostrado más robustos, y f) los sensores inalámbricos de bajo coste TurboTag, son una herramienta eficaz y de fácil uso para la caracterización de las condiciones ambientales.

## AGRADECIMIENTOS

A VISAVET, al departamento de Ingeniería Rural (LPF-Tagralia) y a la financiación del proyecto por parte del CEIGRAM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cangar, O., Aerts, J., Buyse, J. & Berckmans, D. 2008. Poultry science, vol. 87, no. 12: 2493-2499.
- Cook, N., Smykot, A., Holm, D., Fassenko, G. & Church, J. 2006. J. of Applied Poultry Research, 15: 274-279.
- Do Nascimento, G.R., Pereira, D.F., Naeaes, I.d.A. & Rodrigues, L.H.A. 2011, Engenharia Agrícola, 31: 219-229.
- Ferreira, V.M.O.S., Francisco, N.S., Belloni, M., Aguirre, G.M.Z., Caldara, F.R., Naeaes, I.A., Garcia, R.G., Almeida Paz, I.C.L. & Polycarpo, G., V. 2011, Brazilian Journal of Poultry Science, 13: 113-118.
- Foster, A.M., Ketteringham, L.P., Swain, M.J., Kondjoyan, A., Havet, M., Rouaud, O. & Evans, J.A. 2006, Journal of Food Engineering: 76: 7-18.
- Gowen, A.A., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J., Downey, G. & Frias, J.M. 2007, Trends in Food Science & Technology, 18: 590-598.
- Ibarra, J.G., Tao, Y. & Xin, H.W. 2000, Optical Engineering, 39: 3032-3038.
- Meinlschmidt, P. & Margner, V. 2002, Thermosense Xxiv, 4710: 565-571.
- Naeaes, I.d.A., Bites Romanini, C.E., Neves, D.P., do Nascimento, G.R. & Vercellino, R.d.A. 2010, Scientia Agrícola, 67: 497-502.
- Quiles, M.L. & Hevia 2004, Termoregulación en gallinas., Depto. de Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Univ. de Murcia.
- Vadivambal, R. & Jayas, D.S. 2011, Food and Bioprocess Technology, 4: 186-199.
- Wilcox, C.S., Patterson, J. & Cheng, H.W. 2009, Poultry science, 88: 1176-1180.
- Yahav, S., Giloh, M. 2012, ed. R.V. Prakash, 1ª edn, InTech, Croacia: 93-116.



## **SESIÓN C2**





## Cosechadora solar para hortalizas de hojas

Torre Sánchez, Alejandro

Tutor: Ruiz García, Luis

*Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*  
*Correo electrónico: a.torre@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

El incremento del precio de los combustibles fósiles junto con los recientes avances en tecnología solar fotovoltaica y vehículos eléctricos, crean un nuevo entorno que puede hacer viable nuevos tipos de máquinas agrícolas. En este trabajo se describe el prototipo de una máquina cosechadora de plantas hortícolas, propulsada con energía solar fotovoltaica. Se ha calculado que la cosechadora puede trabajar durante 52 días anuales, al 80% de la potencia nominal, con un consumo energéticamente neutro.

**Palabras clave:** *Energía fotovoltaica, Hortalizas de hoja, Energías alternativas*

### INTRODUCCION

La recolección de hortalizas de hoja tales como lechuga, espinaca, acelga o escarola ocupan en España una superficie de 54.837 ha concentradas, mayoritariamente, en las provincias del extremo sureste peninsular, Murcia y Almería fundamentalmente (MAGRAMA, 2012). Esta zona es una de las que reciben la mayor irradiación solar en la península Ibérica lo que las convierte en áreas con alto potencial de producción de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos (Sáncho Ávila *et al.*, 2012).

Por otro lado, los recientes avances que se han experimentado en el aprovechamiento de la energía solar y en el almacenamiento de electricidad, con tecnologías cada vez más eficientes y ligeras, abren la posibilidad de diseñar una nueva generación de máquinas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, a la par que suponen una considerable reducción de los costes de producción.

El objetivo de este trabajo es diseñar una máquina cosechadora, dotada de una cubierta fotovoltaica y un sistema de propulsión eléctrico, que permita la recolección mecanizada de los cultivos hortícolas de hoja; empleando únicamente la radiación solar como fuente de energía y manteniendo la funcionalidad y productividad de las máquinas convencionales.

### DISEÑO DE LA MAQUINA COSECHADORA AUTOPROPULSADA

El prototipo diseñado consta de una cubierta solar desplegable (Figura 1) que capta la energía del sol y la almacena en las baterías que alberga la máquina. También dispone de un sistema que cuando está parada le permite verter la energía a la red eléctrica, lo que contribuye a la amortización de la máquina y del coste extra que supone la instalación fotovoltaica.

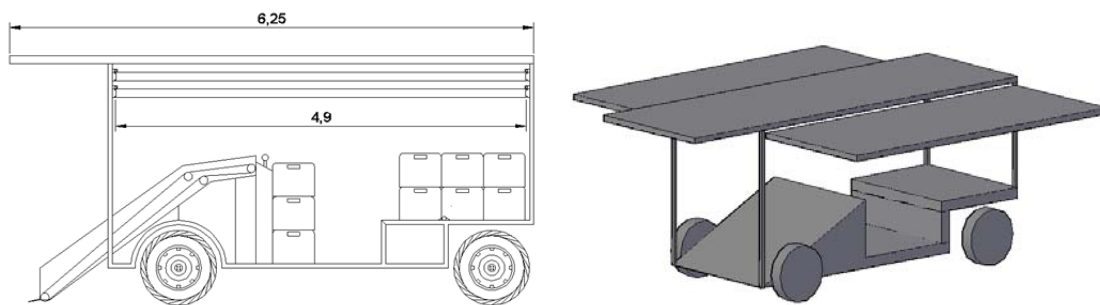
La máquina está equipada con dos motores eléctricos para la tracción de la misma y para el accionamiento de los elementos de corte de 12,4 y 12,9 kW y rendimientos de 82,4% y 85,7%, que demandan en conjunto una potencia bruta de 30,31 kW.

Los motores se alimentan con la energía eléctrica producida por un total de 20 paneles fotovoltaicos Sun Power modelo SPR-333NE-WHT-D situados una cubierta de 40,125 m<sup>2</sup>, dividida en un tramo fijo de 6,25 x 2,5 m<sup>2</sup> y dos tramos extensibles de 4,9 x 2,5 m<sup>2</sup> (Figura 1). La Tabla 1 muestra las características técnicas de los paneles solares elegidos para la producción de energía eléctrica en la cosechadora.

**Tabla 1. Características técnicas de los paneles solares**

Potencia pico (W)	333 (+5/-0%)
Eficiencia de la célula (%)	22,9
Eficiencia del panel (%)	20,4
Tensión en el punto de máxima potencia (V)	54,7
Corriente en el punto de máxima potencia (A)	6,09
TONC (Temperatura de Operación Normal de la Célula) (°C)	45 (±2°)
Dimensiones (mm <sup>2</sup> )	1.559 x 1.046
Peso (kg)	18,6

Fuente: Sun Power, 2011

**Figura 1. Vista de perfil de la cosechadora solar para hortalizas**

La producción de energía eléctrica a partir de los paneles solares fotovoltaicos depende de la radiación solar incidente sobre los mismos. Para la evaluación de la cantidad de energía que puede producir la cosechadora, se toman los datos de irradiación solar sobre superficie horizontal en la provincia de Murcia recogidos en la Tabla 2, ya que es la provincia española donde se localiza una mayor superficie de cultivo de hortalizas de hoja.

**Tabla 2. Irradiación solar media mensual en Murcia en kWh**

E	F	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
2,72	3,60	4,80	6,29	6,96	7,73	7,89	6,87	5,51	3,99	2,88	2,35

Fuente: Sancho Ávila et al., 2012

Para el cálculo de la energía eléctrica producida en la instalación fotovoltaica de la cosechadora es necesario considerar el rendimiento de la instalación entre los paneles solares y las baterías ( $\eta(P-B)$ ), el rendimiento del regulador de carga de las baterías ( $\eta_{reg}$ ), que se estima en un 90% y el rendimiento en los paneles solares por deposición de polvo ( $\eta_{PP}$ ) sobre los mismos y por diferencia de temperatura de funcionamiento respecto de la temperatura de operación normal de las células solares ( $\eta_{PT}$ ). Para el cálculo de las pérdidas se utiliza la siguiente ecuación:

$$\eta(P-B) = \eta_{reg} \times \eta_{paneles}$$

El rendimiento de los paneles solares por efecto de la deposición de polvo sobre la superficie de los mismos y por pérdidas en las conexiones entre paneles se estima en un 90% (Luna *et al.*, 2008), mientras que el rendimiento de los mismos por efecto de la temperatura (Alonso Abella, 2005) se calcula mediante el siguiente procedimiento:

$$\eta_{PT} = 1 - \delta(T_c - T_{c*})$$

$$T_c = T_A + \frac{TONC - 20}{800} \times G$$

donde:



- $\delta$  es el coeficiente de reducción de potencia de los paneles por efecto de la temperatura.
- $T_c^*$  es la temperatura de ensayo de las células solares, esta temperatura es de 25°C.
- $T_A$  es la temperatura ambiente en °C en la zona de funcionamiento de los paneles.
- $T_{ONC}$  es la temperatura de operación normal de las células solares expresada en °C.
- $G$  es la radiación solar incidente sobre los paneles en la zona de funcionamiento de los mismos, expresada en HSP.

**Tabla 3. Temperatura media mensual en Murcia en °C**

E	F	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
10,1	11,7	13,5	15,6	19,0	23,1	26,2	26,7	23,6	18,8	14,1	11,1

Fuente: MurciaMet, 2012

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores los datos de  $T_A$  en el mes de diciembre,  $T_{ONC}$ ,  $T_c^*$  y  $\delta$  se obtiene que en el mes de diciembre, el rendimiento global de los paneles es de:

$$\eta_{\text{paneles}} = \eta_{PT} \cdot \eta_{PP} = 0,95 \cdot 0,90 = 0,86$$

Considerando el rendimiento de los paneles solares y el del regulador de carga se estima el rendimiento en la parte de la instalación comprendida entre los paneles y las baterías ( $\eta_{(P-B)}$ ).

$$\eta_{(P-B)} = \eta_{reg} \times \eta_{\text{paneles}} = 0,90 \times 0,86 = 0,77$$

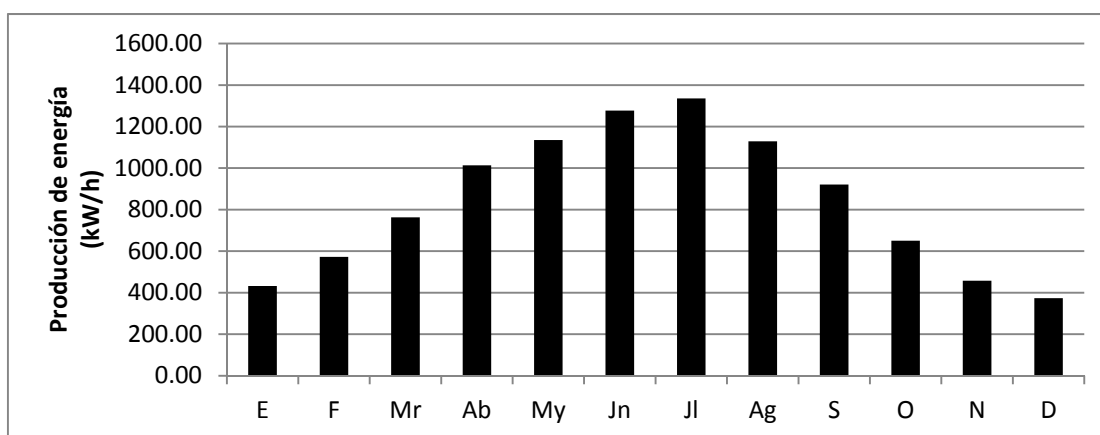
La cantidad de energía diaria ( $E_D$ ) que se podría producir en los 20 paneles solares de la cosechadora en un día del mes de diciembre se calcula como sigue:

$$E_D = N^{\circ} \text{ paneles} \cdot \eta_{(P-B)} \cdot G \cdot P_{\text{panel}}$$

$$E_D = 20 \cdot 0,77 \cdot 2,35 \text{ HSP} \cdot 333 \text{ W} = 12,05 \text{ kWh/día}$$

Se ha calculado la producción del mes de diciembre por ser el mes en el que se recibe la mínima irradiación. Para obtener la energía producida mensualmente se procede del mismo modo sustituyendo los datos del mes correspondiente, obteniéndose los resultados que se recogen en la Figura 3.

**Figura 3. Producción mensual de energía eléctrica en la cosechadora**



## RESULTADOS

De la suma de la energía mensual producida se obtiene que la energía anual producida en la cosechadora es de 10061,67 kWh.



Al dividir la energía producida por los paneles entre la potencia bruta de los motores se obtiene el número de horas anuales que la cosechadora puede trabajar de forma autónoma.

$$N^{\circ} \text{ horas} = \frac{10.061,67 \text{ kWh}}{30,10 \text{ kWh}} = 334,24 \text{ horas}$$

La cosechadora puede trabajar 334 horas al año al 100% de la potencia con la energía que es capaz de producir. Considerando jornadas de trabajo de 8 horas diarias se obtiene que la cosechadora pueda funcionar 41 días al año consumiendo menos energía de la que produce.

## CONCLUSIONES

Como se demuestra en el presente documento la energía solar fotovoltaica representa una alternativa viable para la propulsión de vehículos agrícolas sin que se produzca perjuicio en su funcionalidad o capacidad de trabajo.

La cosechadora de hortalizas de hoja está propulsada mediante dos motores eléctricos de corriente continua de 15,05 kW de potencia bruta cada uno, en la que se colocan un conjunto de 68 baterías de litio y una cubierta desplegable de 40,13 m<sup>2</sup> en la que se disponen 20 paneles solares de 330 W de potencia pico.

Mediante esta configuración y considerando las condiciones de irradiación solar media anual en Murcia, se obtiene que la cosechadora presentada puede trabajar de forma energéticamente neutra durante 334 horas anuales al 100% de la potencia y 417 horas anuales con una demanda de potencia media del 80% de la potencia, es decir 41 y 52 días anuales respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS

Daniel Resino, Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA). Universidad Politécnica de Madrid.

José Luis García, Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA). Universidad Politécnica de Madrid.

## BIBLIOGRAFÍA

Alonso Abella, M. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos. Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: S.A.P.T Publicaciones Técnicas S.L.

Luna, L., García, J. L., Adrados, C., García, E., Gutiérrez, R. P., Gutiérrez, J. L., & de la Plaza, S. (2008). *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en el Sector Agrario y Agroalimentario*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2012). *Anuario de Estadística 2011*. Madrid: Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente.

MurciaMET. (2012). *MurciaMET*. Recuperado el 15 de enero de 2013, de <http://murciamet.blogspot.com.es/search/label/Clima>

Sáncho Ávila, J. M., Riesgo Martín, J., Jiménez Alonso, C., Sánchez de Cos Escuin, M. d., Montero Cadalso, J., & López Bartolomé, M. (2012). *Atlas de Radiación Solar en España Según Datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Sun Power. (03 de Junio de 2011). *Sun Power*. [ 20 de Diciembre de 2012]. <http://www.sunpowercorp.es/>



## Anomalías en la diferenciación sexual en bovino: freemartinismo

de la Cruz Martín, Irene; Gallego Benito, Sara; Candela Vivas, Rodrigo

Tutores: Rebollar, Pilar G.; Alvir Morencos, María Remedios.

*Departamento de Producción Animal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: rodrigo.candela.vivas@alumnos.upm.es; irene.delacruz.martin@alumnos.upm.es;*

*sara.gallegob@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

Durante la fase embrionaria de los rumiantes puede generarse la anomalía conocida como freemartinismo, a partir de la cual una vaca con gestación gemelar puede parir una hembra usualmente infértil si su gemelo es un macho. Al establecerse una unión de los sistemas circulatorios de la placenta de ambos animales se produce una transferencia de células y hormonas del macho a la hembra, ya que la diferenciación sexual de éste se da unos días antes que la de la ella. El diagnóstico precoz mediante análisis cromosómico de vacas freemartin toma importancia para no destinarlas a reproducción ni a producción de leche, aunque tradicionalmente se han utilizado ovejas freemartin (conocidas como “machorras”) para el control y guía de la manada. Para intentar evitar esta patología se puede recurrir al control de las tasas de gemelaridad. Al estudiar la gemelaridad en bovino con el fin de aumentar la producción, descubrimos que existía una anomalía relacionada con la diferenciación sexual llamada freemartinismo.

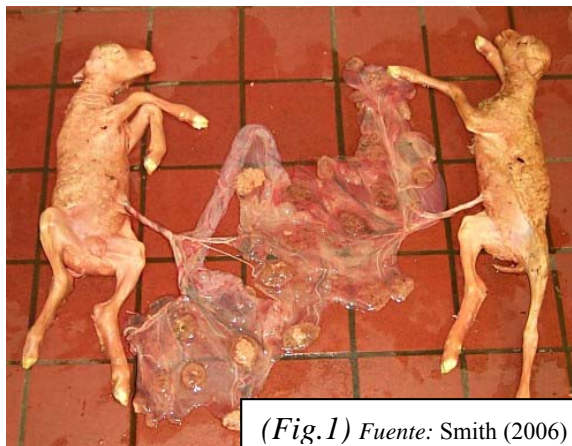
**Palabras clave:** *Freemartinismo, Gestación gemelar, Infertilidad*

### DEFINICIÓN Y ETIOLOGÍA

El freemartinismo es una patología que se produce cuando ha existido una doble ovulación y la fecundación de cada oocito la realiza un espermatozoide X y otro Y, respectivamente. Esto da lugar a dos embriones de diferente sexo (XX: hembra y XY: macho); si los embriones son del mismo sexo, no se da esta patología.

Según Ayala et al. (2000), la incidencia de partos gemelares es muy variable entre razas pero en torno al 92% de los partos gemelares heterosexuales da lugar a este tipo de patologías.

Para poder explicar la etiología de este proceso, hay que resaltar que los fetos de todos los mamíferos son potencialmente hembras y que los machos se desarrollan gracias a la expresión de un gen que únicamente se encuentra en el cromosoma Y. Cuando tiene lugar la expresión de este gen en el feto XY, las células de la gónada primitiva producen testosterona y ésta ocasiona el desarrollo del resto del aparato reproductor masculino. Además, el aparato sexual masculino del feto XY se desarrolla antes que el del feto hembra XX. Durante el desarrollo embrionario se establece la unión de las placentas de los gemelos, por lo que se produce una circulación sanguínea común (Fig. 1). Esta circulación compartida conlleva al intercambio de sustancias entre los fetos durante toda la gestación.



(Fig.1) Fuente: Smith (2006)



Se han propuesto dos teorías sobre la masculinización del tracto genital de la hembra freemartin: la primera es la teoría hormonal de Lillie (James F. & Dove F.W. et al., 1996). Con ésta se demostró la unión del sistema circulatorio entre dos embriones bovinos, postulando que las hormonas procedentes del macho eran las responsables de la inhibición del desarrollo sexual de su hermana gemela ya que durante la diferenciación sexual, el aparato reproductor masculino comienza su desarrollo en torno al día 40 de gestación, mientras que el de la hembra empieza a diferenciarse hacia el día 60. Esta teoría atribuye el freemartinismo exclusivamente al transporte de hormonas masculinas por la circulación sanguínea común generando la regresión del tracto genital femenino.

La segunda es la teoría celular, la cual, propone la existencia de quimerismo cromosómico (Henao et al., 2004) en los animales freemartin demostrando que, además de hormonas, también se intercambian células sanguíneas entre los gemelos dicigóticos (James F. & Dove F.W. et al., 1996). Es así como, después de numerosos experimentos (Wachtel et al., 1975, Onho et al., 1976), se postuló la hipótesis del origen celular del freemartinismo según la cual, la enfermedad se debe a la transferencia de células somáticas masculinas portadoras del cromosoma Y del macho a su gemela.

### DIAGNÓSTICO

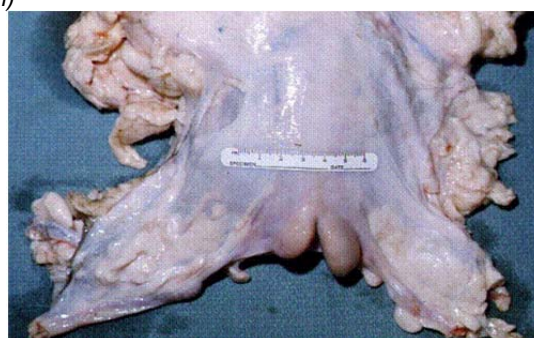
Existen diversos métodos de diagnóstico para la identificación de los animales freemartin. Estas pruebas incluyen la evaluación anatómica (presencia de órganos reproductores ligeros o totalmente masculinos), la serológica (presencia de anticuerpos frente a eritrocitos en sangre) y la citogenética (estudio de la estructura, función y comportamiento de los cromosomas), ya que un animal freemartin presenta en el 70% de los casos los cromosomas sexuales propios del macho XY. Estas técnicas se pueden realizar antes del día del parto, lo cual es de gran importancia para poder proceder al descarte de estos animales como animales de cría o productores de leche.

Una vez el parto ha tenido lugar, se puede también realizar un examen visual y vaginal ya que, aunque los genitales externos de la freemartin son esencialmente los mismos que los de una hembra normal, las vacas freemartin presentan un mechón de pelo en la parte externa de la vulva (Fig. 1 A y B) y la vagina de menor longitud. Otras características son la ausencia del cérvix y variaciones en el desarrollo uterino hasta el punto de carecer de él (Ayala et al., 2000).

**Figura 1. A) Aspecto externo de una ternera freemartin y B) tracto reproductor de vaca freemartin** (Debajo de la regla se puede observar dos pseudotesticulos en un útero de vaca freemartin)



Fuente: Drost (1980)



Fuente: Elmore (1996)

### ESTUDIO SOBRE PARTOS MÚLTIPLES EN BOVINO

En el cuadro adjunto (Tabla 1) se reflejan los datos tomados del estudio citogenético de Ayala et al. (2000), en el que se han comparado distintos casos de gemelaridad en dos





especies bovinas. En ellas se demuestra que si el sexo fenotípico está definido como hembra o es intersexual, su diagnóstico es el de individuo freemartin.

También se puede observar el porcentaje de células con cromosomas XX y XY que tiene cada individuo macho y hembra nacidos en el mismo parto, teniendo en cuenta la raza y tipo de parto (gemelar, triple, etc.). Determinándose una vaca freemartin cuando su porcentaje de células con cromosomas XY es superior al 1-2%

**Tabla 1. Estudio citogenético y anatomopatológico del síndrome freemartin en diferentes razas de bovino (tomado de Ayala et al., 2000)**

Constitución cromosómica mostrada y proporción de líneas celulares (XX:XY) en los animales de parto múltiple heterosexual estudiados							
Nº partos	Tipo parto	Raza	Nº individuos	Sexo fenotípico*	Cariotipo	% células XX:XY	Diagnóstico
I	Gemelar	Holstein-Friesian	1	Hembra	60,XX/60XY	XX = 52 : XY = 48 (n = 100)	Freemartin
			2	Macho	60,XX/60XY	XX = 23 : XY = 77 (n = 100)	
II	Gemelar	Holstein/Simmental	3	Intersexo	60,XX/60XY	XX = 7 : XY = 93 (n = 100)	Freemartin
			4	Macho	60,XX/60XY	XX = 3 : XY = 42 (n = 45)	
III	Gemelar	Holstein-Friesian	5	Hembra	60,XX/60XY	XX = 21 : XY = 23 (n = 44)	Freemartin
			6	Macho	60,XX/60XY	XY = 3 (n = 3)	
IV	Triple	Pardo Suizo Americano	7	Intersexo	60,XY	XY = 100 (n = 100)	Freemartin
			8	Hembra	60,XX	XX = 100 (n = 100)	
V	Gemelar	Holstein-Friesian	9	Intersexo	60,XX/60XY	XX = 6 : XY = 38 (n = 44)	Freemartin
VI	Gemelar	Holstein-Friesian	10	Hembra	60,XX/60XY	XX = 99 : XY = 1 (n = 100)	Quimerismo hematopoyético

\*El sexo fenotípico de los individuos se refiere a las características anatómicas de los órganos reproductores externos



## CONCLUSIONES

El freemartinismo es una patología que tiene origen durante la fase embrionaria cuando ha existido una doble ovulación, dando lugar a dos embriones de distinto sexo y a partir de la cual se produce una hembra usualmente infértil proveniente de la gestación gemelar con un macho.

Mientras se lleva a cabo el desarrollo embrionario, se establece la unión de los sistemas circulatorios de la placenta de ambos animales, produciéndose un intercambio de células y hormonas del macho a la hembra a través de la circulación sanguínea en común, puesto que la diferenciación sexual del macho se produce antes que la de la hembra.

La detección de los individuos freemartin toma importancia a la hora de seleccionar a aquellas hembras destinadas a la producción de leche o cría.

Esta anomalía se podría evitar recurriendo al control de la tasa de gemelaridad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andreu-Vázquez C., Garcia-Ispuerto I., López-Béjar M., de Sousa N.M., Beckers J.F., López-Gatius F. 2011 [En línea] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X11001233> consulta 15/3/2012
- Ayala M.A., Valdovinos, Villagómez D.A.F., Schweminski Benítez S.L. 2000. [En línea] <http://revistaveterinaria.fmvz.unam.mx/fmvz/revvetmex/a2000/rvmv31n4/rvm31407.pdf> consulta 13/4/2012
- Ayala M.A., Villagómez D.A.F., Shweminski SL. 2000. Estudio citogenético y anatomopatológico del síndrome freemartin en bovinos (*Bos Taurus*). *Vet. Mex.*, 31: 315-321.
- Ayala-Valdovinos M.A., Villagómez D.A.F., García G., Sánchez-Chiprés [En línea] [http://www.produccionbovina.com/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/enfermedades\\_reproduccion/46-esterilid.pdf](http://www.produccionbovina.com/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/46-esterilid.pdf) consulta 28/4/2012
- Chaves González O.J. 2005. [En línea] <http://redsocialeducativa.euroinnova.es/pg/blog/read/353861/evaluacin-reproductiva-de-las-hembras-bovinas-sacrificadas> consulta 15/2/2012
- Corredor Camargo E.S. & Páez Barón E.M. 2009. [En línea] [http://www.unad.edu.co/riaa/images/documentos/vol\\_0\\_num1\\_2009/Corredor&Paez\\_Freemartinismo](http://www.unad.edu.co/riaa/images/documentos/vol_0_num1_2009/Corredor&Paez_Freemartinismo) consulta 10/4/2012
- Drost M. 1980. The Drost Project 2000-2010. [En línea] [http://www.drostproject.org/sp\\_bovrep/10-47/itemtop66.html](http://www.drostproject.org/sp_bovrep/10-47/itemtop66.html). consulta 15/2/2012
- Elmore R.G. 1996. [En línea] <http://www.vet.k-state.edu/media/images/therio/anestrus/index.htm> consulta 15/3/2012
- Henao F., Gómez G., Sánchez Villegas J.E. 1998. [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos78/evaluacion-reproductiva-hembras-bovinas/evaluacion-r> consulta 27/4/2012
- James F. & F.W. Dove 1996. Cattle twins and immune tolerance. *Genetics*. 144:855-859
- Mc Feely, R. 1990. *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine: Domestic Animal Cytogenetics*, *Advances in Veterinary Medicine*, Vol. 34; Academic Press, NY



## La industria cárnica española, evolución y situación futura: una revisión bibliográfica

Pindado Tapia, Emilio

Tutor: Alarcón Lorenzo, Silverio

Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: [emilio.pindado.tapia@alumnos.upm.es](mailto:emilio.pindado.tapia@alumnos.upm.es)

### RESUMEN

Durante los últimos años la Industria Cárnica Española ha sufrido transformaciones estructurales importantes, lo que ha llevado a su expansión y a que sea competitiva dentro de la Unión Europea. Los cambios más importantes están relacionados con la integración vertical de sistemas productivos y la alimentación animal, el aumento de la demanda y las exportaciones, y las preferencias por productos bajos en grasa. En el futuro se plantean otra serie de retos como la dependencia de materias primas del exterior, restricciones económicas, etc., que determinarán la persistencia de este tipo de empresas.

**Palabras clave:** *Industria cárnica, Estructura sector, España.*

### INTRODUCCIÓN

La Industria Cárnica Española es el principal subsector de la Industria Agroalimentaria nacional, tanto por cifras de negocio, como por la importancia del empleo generado. Dados los buenos resultados obtenidos del sector dentro de la crisis económica de los últimos años, el objetivo de este trabajo es conocer la situación y perspectivas de este tipo de industrias.

### SITUACIÓN MUNDIAL

Durante las últimas décadas este subsector industrial ha experimentado cambios estructurales importantes, tanto a nivel producción, como consumo y comercio. Los cambios sociales junto con el desarrollo económico han incrementado la demanda de productos de mayor valor añadido como la carne. Dentro de esta demanda, los mercados en vías de desarrollo (Asia y África) se centran en la carne roja, mientras en los países desarrollados (Europa y América), aumenta el consumo de carne blanca como consecuencia de una mayor preocupación por la salud (Jabir y Pappa, 2011).

Europa fue el mayor productor de carne a principios de los años 80 seguido de América, pero a mediados de los años 2000, Asia ha pasado a ser el principal productor. Respecto a las regiones consumidoras, nos encontramos con la misma situación, pues Asia ha desbancado a Europa. Por productos, el crecimiento en carne blanca ha sido más del doble que el experimentado en carne de rumiantes; la carne de pollo ha experimentado un crecimiento espectacular, reflejando la intensificación de este tipo de producciones (Jabir y Pappa, 2011).

Las barreras al comercio, tanto sanitarias como arancelarias, han influido bastante en el comercio de carne. La distinción entre países afectados por la fiebre aftosa y encefalopatía espongiforme bovina define el comercio mundial de carne fresca, congelada y preparada de bovino y porcino, siendo Europa el principal exportador e importador mundial de carne.

### SITUACIÓN INDUSTRIA CÁRNICA ESPAÑOLA

Durante la última década la industria cárnica española ha experimentado un notable crecimiento, abasteciéndose de un sector ganadero bien estructurado y en algunos casos muy integrado verticalmente con la industria de alimentación animal, con lo cual se



obtienen precios muy competitivos, especialmente en cerdo a nivel europeo. En contraposición, la escasez de materias primas para alimentación animal hace que el sector tenga que estar alerta ante los incrementos en los precios de estas materias.

Desde la entrada de España en la Unión Europea, la ganadería de carne española ha aumentado espectacularmente, creciendo en volumen la producción de carne un 89% entre 1985 y 2005. Además la producción de piensos es el principal destino de la producción de cereales (75% del total). Las condiciones adversas del clima de la península Ibérica, hacen que los pastizales sean pobres, siendo obligatorio la importación de gran cantidad de materias primas para la alimentación animal. A pesar de ello España cuenta con un potente complejo productivo compuesto por la industria de piensos, la ganadería y la industria cárnica, consiguiendo competir en la Unión Europea con resultados muy favorables (Langreo, 2008a).

La Industria Cárnica en el año 2007 supuso el 15,7% del total del resultado del ejercicio de la Industria Alimentaria, con 507 millones de euros, un 153% más que en el año 2000. Dentro del sector agroalimentario, la industria cárnica ha sido la que ha tenido un crecimiento más continuado en las dos últimas décadas (Alarcón, 2010). Así, el número de trabajadores en la industria cárnica se ha incrementado en cerca de 31,3% desde comienzos de esta década, situándose en casi 88.000 en el año 2007, que supone el 24,3% del total de la industria alimentaria (Cruz, 2009). Cerca del 75% de las empresas disponen de menos de 20 trabajadores. A principios de los años 2000 se inició un incremento en el número de empresas cárnicas, que duró hasta el año 2003, a partir de ese momento comienza a disminuir. Por regiones, Ruiz-Chico y Peña, (2012) señalan como más competitivas a Castilla y León, Castilla-La Mancha, Andalucía, Extremadura y Navarra.

Durante la última década la producción cárnica española se ha incrementado en un 13,3%, alcanzándose los 5,75 millones de toneladas en 2008 frente a los 5,08 de principios de la década. El crecimiento más fuerte se ha experimentado en la producción de carne de cerdo, que ha crecido en casi un 20%, así como un 22% el sacrificio de pollos. Respecto a vacuno, se produjo un descenso durante los años 2005-2007, posiblemente como consecuencia de las políticas agrarias y al elevado precio de los piensos, pero en 2008 se ha recuperando alcanzando un 4,2% más que las cantidades producidas en el año 2000 (Cruz, 2009).

En cuanto a la producción de productos elaborados, estos se han incrementado un 77% desde el año 2000. Han sido los platos preparados a base de carne y el segmento de la elaboración de jamones y paletas curadas los que más han incrementado su producción, concretamente en un 29% y en un 34%, respectivamente. En cuanto a la carne fresca, destaca el descenso en el sacrificio de ovino y caprino, causado por los problemas estructurales de este tipo de ganadería.

El producto más consumido es la carne de pollo con 24,63%, seguida de las carnes de cerdo, transformadas 22,43% y fresca 21,64%, siendo por lo tanto el cerdo la principal especie consumida, con un 44%. A continuación se situaría la carne de vacuno con un 15,55%, ovino y caprino 5%, conejo 2,7% y carnes congeladas 2,36%. En los últimos años se ha producido un incremento en el consumo de carnes congeladas mientras se ha producido un estancamiento en el consumo de carnes transformadas (Langreo, 2008b). En cuanto al lugar de compra, la mayoría se vendió a través de la distribución comercial, obligando a la industria a reorganizarse, surgiendo grandes grupos, además de dar estabilidad al sector gracias a los contratos y acuerdos a medio plazo.

Respecto al comercio exterior de carnes, España desde los años 90 posee una balanza comercial positiva excepto en aves, siendo el porcino el más destacado con un 55% del total de carnes exportadas (Langreo, 2008b). Durante los últimos años se han incrementado las exportaciones, especialmente de cerdo a países comunitarios.

Analizando los principales tipos de industrias, encontramos que los mataderos y salas de despiece están diferenciados entre especies. Durante los últimos tiempos se aprecia una especialización que permite mejorar las instalaciones, además de un descenso del número de pequeños mataderos gestionados por ayuntamientos como consecuencia de



las inversiones necesarias para cumplir con la nueva legislación. Las salas de despiece independientes han disminuido, integrándose en mataderos o industria y gran distribución. La industria cárnica propiamente dicha, es decir elaboración de productos cárnicos, se encuentra compuesta por unas pocas grandes empresas, un número de empresas intermedias algo mayor, y una gran cantidad de pequeñas empresas especializadas en productos tradicionales. Las dos mayores empresas cárnicas españolas, Campofrío y Grupo Fuertes se encuentran especializadas en productos elaborados de porcino y aves, predominando el capital familiar en el Grupo Fuertes mientras en Campofrío destaca la participación del grupo americano Smithfield Foods Co. La siguiente empresa por importancia sería Casa Tarradellas, la cual ya no solo es únicamente cárnica como consecuencia de su producción de pizzas y similares. Dentro de los productos frescos destaca el grupo Incarlopsa-Martínez Lorient, especializada en el suministro a Mercadona, seguida de Fribin y Samper. Respecto a las cooperativas destacan Coren, Covap, Corporación Alimentaria Guissona y Agropecuaria de Navarra; como empresa de ganaderos destaca el grupo Valls (Langreo, 2008b).

Por especies, las industrias de vacuno se han enfrentado a problemas como la subida de precios de materias primas y el déficit de terneros para cebo, siendo dependientes del exterior. La mayor empresa del sector Los Norteños está especializada en el suministro a los canales Horeca (sector hoteles, restauración y catering). La industria de carne de porcino fresca se encuentra muy concentrada, destacando Cataluña como región. En la industria de porcino existe una elevada verticalización entre la producción de piensos, la cría y engorde de ganado, destacando empresas como: Primayor, principal productora de cerdo fresco y El Pozo (Grupo Fuertes), que está especializada en transformados. La industria de transformados de porcino destaca por sus inversiones para ofrecer productos de mayor valor añadido, como resultado del apalancamiento del consumo de este tipo de productos, dificultando la permanencia en el mercado de medianas empresas. Las pequeñas empresas consiguen buenos resultados como consecuencia de trabajar bajo marcas de calidad diferenciada, Denominación de Origen Protegida (DOP) e Indicación Geográfica Protegida (IGP). Dentro de las industrias de porcino las de cerdo Ibérico obtienen buenos resultados y continúan creciendo en base a productos de calidad. Respecto la industria de platos preparados a base de carne, destaca su crecimiento y en especial la de pollo asado. La industria de ovino y caprino muestra poca importancia en el conjunto global, pero es de especial importancia en zonas deprimidas, destacando los grupos integrados verticalmente que abastecen a la gran distribución. La industria avícola destaca por su elevada integración vertical como hemos comentado, destacando el grupo SADA con el 25% de la producción (Langreo, 2008b).

## NUEVOS RETOS DE LA INDUSTRIA CÁRNICA

Durante los últimos años se han producido una serie de cambios en el sistema agroalimentario como el incremento de consumo por parte de los países emergentes y el incremento de las exportaciones de los mismos, globalización, cambios sociales, innovación, problemas medioambientales, dependencia energética...etc., (Langreo, 2009). Además el sistema ganadero deberá evolucionar para poder satisfacer las necesidades alimenticias de la población en el futuro, mediante un nuevo salto tecnológico, ya que el actual sistema está obsoleto para las necesidades futuras (Buxadé, 2009). Según afronten las empresas los cambios anteriores, determinarán si superan la actual crisis y continúan en el mercado o por el contrario son expulsadas. España debe aumentar la concentración empresarial y solucionar la falta de organización sectorial, así como especificar una estrategia de gobierno a medio plazo (Langreo, 2009).



## CONCLUSIONES

La Industria Cárnica ha experimentado un notable crecimiento durante los últimos años. A pesar de los cambios sufridos, el futuro de la misma, aún está por definir, pero todo parece indicar que la concentración empresarial y la correcta organización entre empresas, permitirán superar las adversidades futuras y continuar con los buenos resultados en los próximos años.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón S. (2010). "La productividad del sector agroalimentario español (1993-2007)". Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 226, 2010 (119-149).
- Buxadé, C. (2009). "La tierra y la producción animal: perspectivas al 2050". Charla ETSIA, UPM, 25 Febrero 2009.
- Cruz, J. (2009). "La industria cárnica española sigue creciendo". EUROCARNE N° 175. Abril 2009.
- Jabir, A., Pappa, E. (2011). "Understanding structural changes in global meat sector: a comparative analysis across geographical regions". 21st Annual IFAMA World Forum and Symposium on the Road to 2050: Sustainability as a Business Opportunity, Frankfurt, Germany during June 20-23, 2011.
- Langreo, A. (2008a). "El sistema de producción de carne en España". Estudios Sociales: Revista de investigación científica, Vol. 16, Número 31.
- Langreo, A. (2008b). "La Industria Cárnica en España". Distribución y Consumo 48 Mayo-Junio 2008.
- Langreo, A. (2009). "El sistema de producción de carnes, ante la crisis actual. Nuevos retos". Distribución y Consumo 6 Mayo-Junio 2009.
- Ruiz Chico, J., Peña, R. (2012). "Competitividad y políticas de seguridad alimentaria de las regiones españolas: el caso de la industria cárnica". Finanzas y Política Económica, ISSN: 2248-6046, Vol. 4, No. 1, enero-junio, 2012, pp. 33-54.



## Mejoras en el invernadero didáctico de los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos

García, Simon; Díaz-Regañón, Rafael; Panduro, Ismael

Tutores: Moreno, Santiago

*Departamento de Biología Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica*

*Correo electrónico: simon.ggaitan@alumnos.upm.es*

*r.diaz-reganon@alumnos.upm.es*

*ikamismael@hotmail.com*

### RESUMEN

En el proyecto se engloban las mejoras que se están desarrollando en el invernadero didáctico de los campos de prácticas de la ETSI Agrónomos. Estas mejoras tienen como objetivos, a corto y largo plazo, la creación y mantenimiento de un espacio donde los alumnos de la escuela, tutelados por un profesor de la misma, puedan complementar su formación, en una infraestructura que permita el desarrollo de actividades relacionadas con especies vegetales cuyo desarrollo, en general, no es viable a la intemperie. Esta comunicación se centra en el trabajo desarrollado por los alumnos en los módulos sobre plantas de interés agroalimentario. Se pretende contribuir a la difusión entre los alumnos del valor como recurso formativo de este proyecto de “aula verde”. Un proyecto que solo será viable en la medida que tanto alumnos como profesores se impliquen en él.

**Palabras clave:** *Invernadero didáctico, Cultivos tropicales, Plantas mediterráneas*

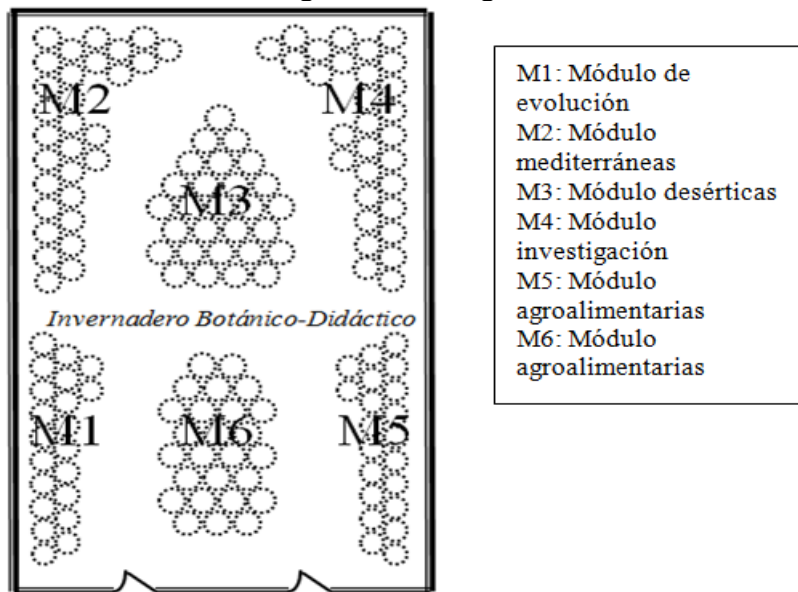
### INTRODUCCIÓN

La idea de un invernadero dedicado exclusivamente a docencia fue concebida y puesta en práctica en el año 1993 por el profesor César Gómez Campo mediante la creación, en los Campos de Prácticas de la ETSI Agrónomos, del Invernadero Botánico-Didáctico. El objetivo fundamental era entonces paliar imposibilidad de hacer salidas al campo con los casi mil alumnos que entonces pasaban anualmente por la asignatura Biología de las dos Escuelas ETSIA y EUITA. Veinte años después, con este P.I.E. (Proyecto de Innovación Docente) se pretende potenciar el uso como elemento formativo de dicho invernadero en el actual marco de enseñanzas y considerando las nuevas infraestructuras y recursos de los Campos de Prácticas. Por una lado una mayor implicación de los alumnos en la planificación, control y mantenimiento del invernadero, y por otro una ampliación de su uso por parte de otros Departamentos, pretende convertir al Invernadero Botánico Didáctico en un aula más para la enseñanza de ciencia y tecnología agronómica.

El invernadero posee una superficie de unos 300 m<sup>2</sup>. Está dividido en 6 módulos separados por amplios pasillos que facilitan las labores de mantenimiento y posibilitan visitas guiadas para grupos de hasta 20 alumnos (Imagen 1). Los módulos están compuestos por un entramado de jardineras circulares de 85 cm de diámetro, y que generalmente carecen de fondo. En total contiene 156 jardineras que albergan en conjunto aproximadamente 200 especies vegetales.

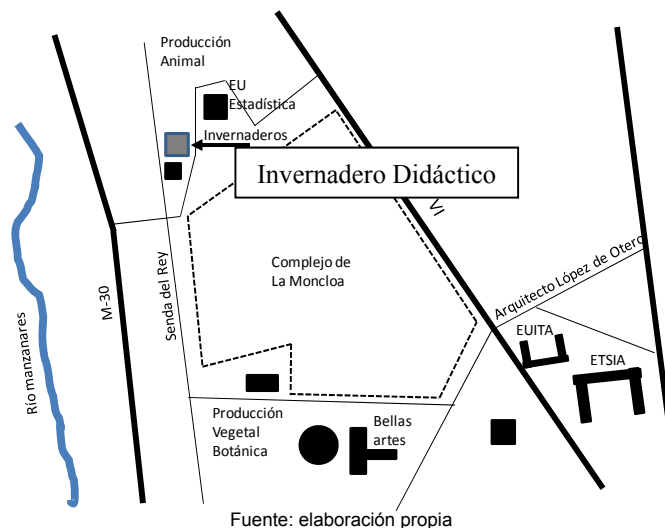


Imagen 1. Plano general



Fuente: elaboración propia

La red de riego está dividida en seis ramas principales que corresponden con cada módulo y lo que permite el riego individualizado de cada uno. Cada rama se divide en ramales. Cada ramal termina en una roseta de la cual salen seis microtubos que terminan en microaspersores de caudal regulable manualmente. Cada microaspersor riega una jardinera. Un programador de riego controla el sistema a través de 6 electroválvulas. El sistema de regulación de la temperatura está formado por un termostato que activa tanto el funcionamiento de cuatro aerotermos en caso de temperaturas por debajo de 15° C como la apertura de las ventanas de la cubierta para temperaturas por encima de 32 °C. Tanto el sistema de riego como la regulación de la temperatura funcionan de manera automática.



Fuente: elaboración propia

## DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo 1: Implicar a los alumnos en actividades formativas desarrolladas en los campos de prácticas. Esto se concreta mediante la participación de los alumnos en el manejo del invernadero didáctico (programación de riegos, control de temperatura e iluminación, propagación y cuidados del material vegetal).





Los autores del trabajo bajo la tutela del tutor Santiago Moreno, están llevando a cabo desde hace ya dos años el rediseño general de las colecciones de plantas, y el acondicionamiento de la lugar para el desarrollo de las visitas.

Objetivo 2: Mostrar especies botánicas de interés agroalimentario que no se cultivan habitualmente en la zona centro de la Península Ibérica.

Este objetivo se delimita principalmente a los módulos 5 y 6 los cuales están dedicados a dicho tipo de especies. Dentro de este grupo se dividen las especias en distintos apartados atendiendo a su aprovechamiento o temática.

- Espicias y condimentos: engloba plantas de interés culinario tanto comunes como poco conocidas (jengibre, cardamomo, cilantro, albahaca, melisa, hierba luisa, mentas...)
- Frutos tropicales: especies de interés pero de escaso o nulo cultivo en la península debido a la falta de las condiciones climáticas adecuadas (maracuyá, kumkuat, piña, pitaya, kiwi, papaya...)
- Uso industrial: plantas con importancia desde el punto de vista de la elaboración de productos elaborados o de uso industrial (algodón, lino, lúpulo, café, tabaco...)
- Plantas con potencial: grupo de plantas con el que se quiere mostrar las alternativas a ciertos cultivos ya sean por sus propiedades distintas como por la diversificación de la producción (estevia, chia, amaranto, quínoa...)
- Cocina mejicana: parte de los módulos de interés agroalimentario dedicado a especies que proporcionan productos propios de la cultura culinaria mejicana (aguacate, epazote, chayote, jícama, chiles o ajíes)

Objetivo 3: Complementar el potencial docente del recientemente creado Jardín Botánico Mediterráneo de la ETSIA con especies difícilmente cultivables en condiciones de exterior. Se trata de especies que por el tipo especial de sustrato que requieren o por su sensibilidad a las heladas no se pueden mantener en condiciones de exterior.

- Plantas sobre sustratos ricos en sulfatos: *Gypsophyla stratum*, *Lepidium subulatum*, *Erniaria fruticosa*, *Thymus lacaite*, *Teucrium pumilum*, *Centaurea hyssopifolia*, *Sedum gypsicola*, *Helianthemum squamatum*
- Plantas sobre sustratos ricos en cloruros: *Arthrocnemum macrostachyum*, *Sarcocornia alpini*, *Saeda vera* (subsp. *braun-blauquetii*) *Limonium dichotomum*, *Juncus maritimus* y *Juncus acutus*, *Puccinellia fasciculata*, *P. caespitosa*
- Plantas del mediterráneo térmico: *Chamaerops humilis*, *Ceratonía siliqua*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Urginea maritima*, *Lysimachia minoricensis*, *Halimium atriplicifolium*, *Hypericum balearicum*

Objetivo 4: Dar a conocer tanto a alumnos de grado y máster como a visitantes externos (Semana de la Ciencia, colegios, etc), y a través de las plantas objeto de estudio, actividades de investigación de la ETSIA.

- Plantas modelo: *Physcomitrella patens*, *Nicotiana benthamiana*, *Arabidopsis thaliana*, *Medicago truncatula*, *Brachypodium distachyon*, *Triticum monoccocum*
- Relacionadas con la agricultura ecológica y lucha biológica: *Urtica sp*, *Hisopus officinalis*, *Satureja montana*, *Chamaemelum nobile*, *Tanacetum parthenium*, *Tagetes patula*, *Chrysanthemum cinerariifolium*, *Achillea millefolium*, *Artemisia absinthium*
- Tecnología de producción: *Cichorium endivia*, *Crocus sativus*, *Alstroemeria*, *Chrysanthemum*, *Zea mays*
- Banco de Semillas de la UPM: *Brassica oleracea*, *Brassica nigra*, *Brassica rapa* (triángulo de U)



## DESCRIPCIÓN DE LAS FASES

A partir de los objetivos que se han redactado anteriormente se han ido realizando una serie de actividades las cuales se engloban dentro de las siguientes fases del proyecto. Siendo las labores actuales que se desarrollan en el invernadero las correspondientes a las fases 1 y 2.

Fase 1: Reorganización y ampliación de las colecciones de plantas actualmente existentes. Esto supondrá las siguientes acciones:

- Incremento de la colección de plantas de interés agroalimentario
- Reorganización del módulo sobre evolución de las plantas
- Creación de una colección de plantas relacionadas con proyectos UPM de investigación y tecnología agraria
- Incremento de la colección de plantas de ecosistemas mediterráneos

Fase 2: Elaboración de una colección de fotografías de alta resolución sobre aspectos y detalles de las plantas poco habituales en colecciones disponibles en la web.

Fase 3: Elaboración de guiones para visitas y talleres didácticos utilizando como fuentes documentales las bases de datos de la FAO, GRIN-USDA, Missouri Botanical Garden, Kew Gardens

## CONCLUSIONES

Durante la labor que se viene llevando a cabo desde hace dos años se puede destacar la adquisición de conocimientos nuevos y su puesta en práctica por parte de los estudiantes que han participado.

Por ello la comunicación se dirige especialmente al alumnado de la ETSI Agrónomos y la EUIT Agrícola. Se pretende así despertar inquietudes y hacer comprender la multitud de actividades y herramientas que ofrece el Invernadero Didáctico, así como desarrollar colaboraciones que pueden y deben surgir entre alumno/s y profesor/es, alumno/s y departamento/os, fomentando conocimientos y colaboración, siempre en un marco de trabajo práctico, pudiendo aplicar el saber adquirido en el aula.

Se pretende inclusive facilitar la transición que se está viviendo en las escuelas con el cambio de plan de estudios, y tomar conciencia colectiva del relevo estudiantil inminente que está acaeciendo.

Hasta la fecha se han conseguido implementar los módulos con plantas de interés agroalimentario y aromáticas (M6 y M5)) casi en su totalidad y recuperado, mantenido y ampliado los módulos de evolución de las plantas (M1), mediterráneas (M2) y cactus y suculentas (M3), quedando libre el módulo 4, pudiendo estudiarse alternativas interesantes para la continuación del proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

PEDRO DEL ESTAL (Dpto. Producción Vegetal: Botánica y protección vegetal), ROMÁN ZURITA (Director de los campos de prácticas de la ETSI Agrónomos), ANGELA ALONSO (Dpto. Biotecnología).

## BIBLIOGRAFÍA

Gómez Campo, C (1993) Guía del Invernadero Botánico-Didáctico del Depto. De Biología Vegetal. Monografía 145 de la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.  
FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fichas técnicas. Acceso marzo 2013. [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/index.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/index.htm)  
GRIN-USDA. United States Department Of Agricultural. National Plant Germplasm System. Acceso marzo 2013. <http://www.ars-grin.gov/npgs/index.html>



## Gripe aviar, patología, salud pública e importancia en la agronomía

Ruiz Rodríguez, Diego

<sup>1</sup>Tutores: Sordo, Luis<sup>1</sup>; Ruiz, Juan Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Medicina preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad Complutense Madrid.*

<sup>2</sup>*Ingeniero Agrónomo. CAPT Ingeniería AgroGanadera.  
Correo electrónico: diego\_rr\_91@hotmail.com.*

### RESUMEN

El siguiente trabajo se centra en la afectación en humanos y animales de la gripe aviar, como son sus manifestaciones clínicas, el tratamiento farmacológico en humanos y la prevención tanto a nivel humano como animal.

Se trata de una infección que puede afectar a las aves de las explotaciones avícolas y a los profesionales que trabajan en las mismas, por lo que es importante desde el campo agronómico.

Para ello se ha realizado una búsqueda de información en bases de datos de publicaciones científicas y documentos de divulgación médica, así como diferentes sitios web de interés.

**Palabras clave:** A H5N1; Avian infectious; Gripe aviar

### INTRODUCCIÓN

La gripe aviar es una infección provocada por el virus A de la familia orthomyxoviridae, perteneciente al género influenza; el cual se encuentra conformado por dos glicoproteínas diferentes, que son Hemaglutinina de la que hay 16 subtipos, siendo los subtipos 5, 7 y 9 los que pueden generar infección; y la Neuraminidasa, que tiene 9 subtipos distintos y cuya función se basa principalmente en facilitar la liberación del virus, y en la progresión de la infección.

El virus identificado que ha provocado los casos detectados de gripe aviar es el virus A H5N1, también se ha detectado que los subtipos H7 y H9 provocan infección en humanos (OMS, 2011).

El impacto de este virus en aves es muy alto y letal, habiéndose producido millones de muerte en todos los continentes; sin embargo el contagio de ave a humano es muy poco frecuente.

Desde el 2004, año en el que se detectó el primer caso de gripe aviar en humanos, solo se han confirmado 138 casos, aunque es reseñable que 71 personas de esos 138 casos murieron, es decir, el 49 % de mortalidad, lo que demuestra una alta tasa de letalidad de la enfermedad (OMS, 2011), (Govorkova et al. 2013).

Aunque esta patología vírica apenas tenga prevalencia, es conveniente conocerla, puesto que si alcanzase una adaptación como huésped humano, los fallecimientos derivados de una pandemia de gripe aviar han sido estimados por la OMS en 11 millones de muertes humanas (OMS, 2013).

Los casos en animales se han seguido detectando y en el 2013, se han encontrado 38 granjas con aves que padecía gripe aviar en los estados de Jalisco y Guanajuato (México) (El informador, 2013).

Su transmisión puede producirse bien por contacto directo con las aves, bien por contacto con las heces del animal, por vía respiratoria. De este modo, la mayoría de los casos clínicos se han diagnosticado en ámbitos rurales y en personas relacionadas con el mundo avícola, lo que confiere una mayor transcendencia desde el punto de vista agronómico.



## SIGNOS Y SÍNTOMAS EN HUMANOS

Las primeras manifestaciones clínicas de la gripe aviar, se corresponden con la sintomatología de una gripe común, es decir, por lo general suelen presentar fiebre alta o pirexia, dolor de cabeza y de garganta, tos seca, disnea respiratoria, sibilancias, excreciones mucosas, escalofríos, dolor muscular y articular, fatiga y otalgia entre otros. Sin embargo, a diferencia de la gripe estacional, la gripe aviar tiene un rápido deterioro que puede derivar en insuficiencia respiratoria y fallo multiorgánico, si no se trata a tiempo.

Otras entidades clínicas provocadas por la enfermedad de la gripe aviar son infecciones como la rinofaringitis, amigdalitis o neumonía.

También pueden producirse dolor abdominal, diarrea, náuseas o vómitos, debilidad muscular, epistaxis y sangrado de encías, los pacientes suelen presentar linfopenia y alteración de enzimas hepáticas (Pineda, 2005), (Comité redactor de la OMS, 2005).

## PREVENCIÓN EN HUMANOS

Hasta la fecha no se ha producido ningún contagio de humano a humano. El contagio en humanos se ha dado siempre a través de las vías señaladas anteriormente.

De esta manera para evitar el contagio de la gripe aviar hay que mantener la higiene personal, lavarse las manos con agua y jabón y ducharse cada vez que ha habido un contacto con granjas, con animales o mercados de animales, y uso de mascarillas.

Un buen cocinado del animal protege frente al contagio de la enfermedad, por lo que habrá que lavarse las manos antes y durante la manipulación del alimento, lavar y desinfectar las superficies sobre las que se cocina, y guardar los alimentos en recipientes cerrados. Otras medidas que se han recomendado a este nivel son separar los alimentos crudos de los ya cocinados, esto es debido a que los alimentos crudos pueden contener jugos contaminados de microorganismos; cocinar a una temperatura mayor de 70° C, puesto que el virus, no sobrevive a más de 70° C; no dejar el alimento ya cocinado más de 2 horas expuesto a la temperatura ambiente, manteniéndolo en frío (Pineda, 2005)

## TRATAMIENTO EN HUMANOS

Para tratar esta patología existen 2 antivirales distintos, que dependiendo de la sintomatología se dará uno o el otro; deben de ser administrados en las primeras 48 horas de la sintomatología gripal.

Su acción farmacocinética se basa principalmente en inhibir la Neuraminidasa.

Ambos medicamentos están contraindicados en mujeres embarazadas y en personas con hipersensibilidad al fármaco. De acuerdo a Aristegui, 2012 y OMS, 2011, las características de estos medicamentos son

- Oseltamivir: oral, contraindicado en niños menores de 1 año, los efectos adversos que tiene van desde malestar general y gastrointestinal hasta epistaxis, linfadenopatía, sinusitis, conjuntivitis, dermatitis o problemas auditivos entre otros.
- Zanamivir: inhalado, contraindicado en niños menores de 7 años, sus principales efectos adversos son broncoespasmos y deterioro de la función pulmonar, en los cuales se detendría de inmediato el tratamiento, otros efectos adversos son malestar general y gastrointestinal, y más raramente erupciones cutáneas y edemas.



## SINTOMATOLOGÍA EN ANIMALES

Es importante conocer qué síntomas tienen los animales afectados de esta gripe, para asegurar la seguridad de las aves y del profesional expuesto a ellas.

Los síntomas más característicos son: falta de apetito, hipocinesia, plumas erizadas, diarrea, polidipsia, crestas hinchadas y problemas respiratorios, tos y estornudos, así como una importante disminución de la producción de huevos y elevadas mortalidades.

## PREVENCIÓN EN ANIMALES

Las medidas preventivas a aplicar a los propios animales consisten en evitar el contacto entre las aves de corral y las aves salvajes; limpiar y desinfectar los criaderos mantener la higiene animal, y proporcionar a los animales el máximo bienestar posible, evitando así una mayor susceptibilidad a las enfermedades.

Una vez la enfermedad ha entrado en la explotación se debe aislar y/o sacrificar los animales infectados.

Lo principal para mantener una correcta higiene, es un diseño de la explotación avícola que permita una desinfección y limpieza completa; con paredes y tejados impermeables y sin bordes afilados que puedan herir al animal (Aserprhu, 2011).

Lavar la nave con agua caliente (de 60 a 90 °C) y jabón; lavar desde arriba hacia abajo y tratando de que el agua siga un recorrido lógico que minimice la transmisión de agua de zonas sucias a zonas menos sucias. Cuando la nave esté seca, desinfectar la misma. Se recomienda realizar al menos 2 desinfecciones y 1 desinsectación. Para ello se deben usar guantes, mascarillas y demás elementos higiénico protectores; la desinfección puede ser de diferentes formas: pulverización donde se pueden utilizar distintas familias químicas de desinfectantes o desinfección gaseosa. La desinsectación se realizará siempre tras las desinfecciones (MAPA, 2004), (Aserprhu, 2011).

Tratar de mantener la misma temperatura a lo largo del año para no potenciar el crecimiento de un mayor abanico de microorganismos; echar las cantidades de pienso adecuadas y evitar los restos que queden en los comederos, ya que son un buen caldo de cultivo de bacterias.

Realizar vacío sanitario entre lotes de animales, dejando la nave vacía entre 7 a 15 días.

Se deben colocar mallas y tomar medidas para impedir la entrada de aves silvestres, roedores, insectos, predadores y en general la entrada de cualquier organismo que pueda actuar como vector de enfermedades. En el caso particular de la Influenza aviar es primordial evitar el contacto de las aves domésticas con aves salvajes, se cree que el principal transmisor de la enfermedad podrían ser aves acuáticas migratorias (Castelló, 2009).

## CONCLUSIONES

La gripe aviar es una patología de etiología vírica poco frecuente, pero potencialmente letal producida por el virus A H5N1, tiene que prevenirse con medidas higiénicas y conocer su sintomatología para una detección precoz.

Es importante desde la agronomía, realizar una promoción de la salud, para las personas que trabajen o que estén en contacto directo con aves, y para realizar también un abordaje preventivo en los animales y las explotaciones avícolas corrigiendo y adoptando medidas higiénicas.

Las medidas de bioseguridad que prevén la entrada de vectores en las explotaciones son fundamentales y deberían ser de obligado cumplimiento en el diseño de explotaciones ganaderas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arístegui Fernández, J. 2012. Gripe. Asociación Española de Pediatría. Comité Asesor de Vacunas. Disponible en: <http://vacunasaep.org/profesionales/enfermedades/gripe>
- Aseprhu. 2011. Guía de buenas prácticas de manejo y bienestar animal en granjas avícolas de puesta. Disponible en: [http://www.aseprhu.es/images/archivos/guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_de\\_manejo\\_11145053.pdf](http://www.aseprhu.es/images/archivos/guia_de_buenas_practicas_de_manejo_11145053.pdf)
- Castelló, J.A. (Coord.). VVAA. 2009. Bioseguridad en avicultura. Ed. Real Escuela de Avicultura.
- Comité de redacción consultor de la Organización Mundial de la Salud sobre Influenza Humana A/H5. 2005. Influenza aviar A (H5N1) infección en humanos. The New England Journal of Medicine. 353:1374-85.
- Govorkova, E. A., T. Baranovich, P. Seiler et al. 2013. Resistencia antiviral entre la gripe altamente patógena virus A (H5N1) aislados en todo el mundo en 2002-2012 demuestra la necesidad de vigilancia continua. Respuesta antivirales. En prensa.
- MAPA. 2004. Guía de buenas prácticas de higiene en granjas avícolas de puesta. Ed. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación y Organización interprofesional del huevo y sus productos. 47 páginas
- Organización Mundial de la Salud. 2011. Temas de salud: Gripe Aviar. Disponible en: [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/avian\\_influenza/es/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/avian_influenza/es/)
- Organización Mundial de la Salud. 2013. Temas de salud: Gripe Aviar. Disponible en: [http://www.who.int/topics/avian\\_influenza/es/](http://www.who.int/topics/avian_influenza/es/)
- <http://www.informador.com.mx/851/gripe-aviar>



## Nuevas técnicas de análisis de forrajes: el NIRS

Rodríguez López, Laura<sup>1</sup>

Tutores: Flores, Gonzalo<sup>2</sup>, De Blas, Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Consellería de Medio Rural. Xunta de Galicia  
Correo electrónico: laura.rodriguez191@gmail.com

### RESUMEN

Para facilitar al ganadero el manejo de la explotación, es necesario conocer el valor nutricional de los forrajes que va a dar a su ganado. El método más rápido y eficaz es el NIRS (técnica de espectroscopía de reflectancia en la región del infrarrojo cercano), pero para usarlo se requiere de calibraciones para grupos específicos de forrajes que se obtienen mediante ensayos previos de digestibilidad *in vivo*.

Durante el mes de julio de 2012 tuve la oportunidad de participar en un ensayo en el que se llevan realizadas hasta la fecha 95 evaluaciones, siendo ésta última objeto de esta práctica. Con el objetivo de determinar la digestibilidad de la materia seca (DMS) de tres tipos de forrajes ensilados, se seleccionaron 18 corderos con los que se va a realizar dicha evaluación en unas jaulas metabólicas. Tras los 11 días que dura la evaluación, se procedió a realizar los cálculos oportunos con los datos tomados y con los resultados obtenidos se discutió cuál de los tres tipos de forraje resultó ser el más digestible y por qué.

**Palabras clave:** Digestibilidad, *In vivo*, Materia seca

### INTRODUCCION

Hoy en día para un ganadero es necesario conocer la composición de los alimentos a suministrar al ganado para una utilización eficiente, a través de dietas equilibradas. Esta información es imprescindible cuando se quieren alcanzar altos niveles de producción animal que se requieren para una producción competitiva. Sin embargo, la composición de los forrajes no es constante, depende del estado de madurez y factores ambientales como el clima y área geográfica, lo que condiciona su uso. El valor nutritivo de los alimentos se clasifica en tres componentes: digestibilidad, consumo voluntario y eficiencia energética. En este ensayo, que se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), se midió la digestibilidad de la materia seca (DMS) y el consumo voluntario de tres tipos de ensilados medidos en ovino. El objetivo de este ensayo fue obtener datos de DMS medida *in vivo* para incrementar las colecciones de muestras de ensilados de hierba de digestibilidad conocida y así poder mejorar la precisión de las calibraciones NIRS para este tipo de forrajes. Este método permite estimar el valor nutricional y la composición de los alimentos sin destruir las muestras, siendo un método rápido y de reducido coste, lo que ayudaría a caracterizar las muestras que envíen los ganaderos para analizar, reduciendo además el tiempo actual de obtención de resultados.

### ENSAYO DE DIGESTIBILIDAD *IN VIVO*

Para la realización de este ensayo se escogieron 18 corderos castrados de raza gallega con más de un año de edad y buen estado en general. Los animales estaban en pastoreo y una vez separados del rebaño, se les suministró un ensilado durante una semana para adaptarlos al alimento que se les iba a dar durante la evaluación. Terminado este periodo de adaptación, se trasladaron a la nave donde fueron pesados individualmente y se introdujeron en jaulas metabólicas que están dotadas de separadores de heces y orina. Durante la siguiente semana se les suministró los tres tipos de ensilado, con seis corderos por tratamiento: F (raigrás italiano en primer corte, prehenificado 48h y sin inoculante), R (raigrás italiano en segundo corte, prehenificado 48h y con inoculante) y T



(raigrás italiano y trébol encarnado en segundo corte, prehenificado 48h y con inoculante), de forma que los animales adaptasen su ingesta para calcular sus raciones dejando aproximadamente un 10% de rechazo. Transcurrido ese tiempo, se inició el periodo experimental.

Para evitar posibles pérdidas, los ensilados se encontraban congelados a -20°C en bolsas de plástico cerradas herméticamente que se sacaron un día antes de suministrárselo a los animales. En unos análisis previos de los ensilados se vio que el ensilado T tenía un déficit en proteína bruta (PB), por lo que se tuvo que suministrar 2g. de urea a los seis corderos como fuente de nitrógeno no proteico (NNP).

El ensayo duró 11 días en los que cada mañana se recogieron y pesaron las heces y los rechazos del día anterior, así como la ración de ese día recalculada para que dejen un 10% de rechazo. Se recogieron muestras diarias tanto de los rechazos, como de la ración y de las heces, se embolsaron individualmente anotando el animal y el día y se congelaron para evitar pérdidas de nitrógeno. Por cada animal se cogieron 200g de muestra de cada forraje, de heces el 20% del peso y de rechazos también el 20% si el total de rechazo excedía de los 100g de peso. En el caso de las muestras de la ración no hizo falta que éstas fueran individuales, sino que se promediaron de los seis animales por tratamiento. Todos los datos (peso de raciones diarias, rechazos y heces) eran en fresco (peso bruto fresco) y se anotaron en un cuaderno para el posterior cálculo de la MS y su digestibilidad.

De las muestras de alimento se prepararon 20 bandejas con 300g cada una de cada uno de los ensilados, mientras que para las heces y los rechazos se utilizaron dos bandejas por animal con 350g y 150-350g cada una respectivamente. Estas bandejas se llevaron a la estufa a 80° durante 16 horas para su secado y posterior pesada (peso bruto seco). Posteriormente se calculó la materia seca (MS%) de cada bandeja mediante la siguiente expresión:  $MS\% = [(peso\ bruto\ seco - tara) / (peso\ bruto\ fresco - tara)] * 100$ , realizando la media por tratamiento del alimento y la media de las dos bandejas en el caso de heces y rechazos. Posteriormente, se molieron las muestras secas para la lectura de sus espectros por NIRS. Para el cálculo de la DMS de cada ensilado se hizo la media con las digestibilidades de cada animal mediante la siguiente expresión:

$$DMS = (MSI - MSE) * 100 / MSI$$

Siendo:

Materia seca ingerida (MSI) =  $MFO * 0,01 * MSO - MFR * 0,01 * MSR$

Materia seca excretada (MSE) =  $MFE * 0,01 * MSH$

Donde:

MFO es la suma de la materia fresca ofrecida diariamente del alimento problema

MSO es la materia seca del alimento problema

MFR es la suma de la materia fresca de rechazos recogidos cada día por animal

MSR es la materia seca del alimento rechazado por animal

MFE es la suma de la materia fresca de las heces excretadas cada día por animal

MSH es la media de la materia seca de heces excretadas por animal

Los resultados obtenidos de dicho cálculo se exponen a continuación en la siguiente tabla.





**Tabla 1. Contenido en materia seca (MS, %), contenido en fibra neutro detergente (FND, %), digestibilidad de la materia seca (DMS, %) y coeficiente de variación de la DMS ( $CV_{dms}$ , %) obtenidos en el ensayo para los tres ensilados**

Tratamiento	MS	FND	DMS	$CV_{dms}$
F	29,76	40,22	81,05 <sup>a</sup>	1,8
R	54,72	56,16	69,19 <sup>b</sup>	5,0
T	36,07	52,91	66,77 <sup>b</sup>	1,3
Significación			***	

\*El coeficiente de variación de la digestibilidad obtenido para cada alimento problema se utiliza como control de calidad de la evaluación, de forma que si el  $CV \leq 5\%$  la evaluación se considera que está bien ejecutada.

Nivel de significación: \*\*\* ( $p < 0.001$ ), \*\* ( $p < 0.01$ ); \* ( $p < 0.05$ ); ns (no significativo)

## COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Podemos observar que el ensilado F tiene un menor contenido en materia seca que R y T, y su digestibilidad es 12 y 15 puntos superior respectivamente. Esta variabilidad que encontramos dentro de una misma especie forrajera se puede deber a múltiples factores, tales como la madurez, el ciclo, el contenido en FND, el proceso de ensilado, la adición de aditivos, etc. Los tres tratamientos sufrieron un prehenificado de 48h, lo que contribuiría a un mayor contenido en MS; pero el F se segó en un primer corte, lo que explica que tenga menos materia seca ya que en cortes tempranos el estado de madurez es todavía inferior. Por el contrario, el R se segó en un segundo corte con un estado de madurez superior haciendo que el contenido en MS sea mayor. El tratamiento T se segó al mismo tiempo que el R pero su composición botánica difirió al incluir trébol encarnado en asociación con el raigrás.

También se observa para los ensilados F y R una relación entre contenido en MS y digestibilidad, siendo ésta mayor en el caso de F que tiene menos MS. Esto se puede deber al contenido en FND, pues en cortes más tempranos como es el caso de F, la planta no está lo suficientemente madura y su contenido en FND es menor si lo comparamos con el R, que se segó en un segundo corte y, por tanto, su contenido es mayor.

En la base de datos del SEEP (Sociedad Española para el Estudio de los Pastos), creada por el Servicio de Información de Alimentos de la Universidad de Córdoba (UCO), se encuentran multitud de análisis de todo tipo de forrajes. En el caso del raigrás italiano ensilado se tienen los siguientes resultados.

**Tabla 2. Análisis de Raigrás Italiano (SEEP)**

Análisis	Nº	Media	Máximo	Mínimo	CV( %)
Digestibilidad in vivo MO rumiantes	1	80,73	80,73	80,73	0,00
FND	152	52,90	75,76	26,75	9,989
MS	157	28,68	73,28	13,45	10,414

Como se puede observar, el contenido en MS es significativamente menor pero los resultados obtenidos en este ensayo para la MS están dentro del rango de variación. Esta diferencia la podemos atribuir a los factores anteriormente comentados, a un prehenificado y al estado de madurez de la planta en el momento en que se realiza el corte. Para el caso del tratamiento T, no se han realizado análisis del trébol encarnado por lo que resulta imposible hacer comparaciones. La información obtenida sirve por tanto para completar la disponible hasta la actualidad en una zona de rango poco estudiada.



## ANÁLISIS POR NIRS

La digestibilidad *in vivo* no es la única técnica analítica para determinar los parámetros de MS y DMS así como la composición de forrajes; existen otros métodos para predecirlos de una manera más simple como el análisis químico, la digestibilidad *in vitro* pepsina-celulasa, el método de Tilley y Terry, la degradabilidad *in situ* y la técnica NIRS (imagen 1), entre otros. (SERIDA). Existe una gran dependencia por parte del NIRS hacia otros métodos de análisis, pues a pesar de ser una técnica muy rápida y eficaz requiere de calibraciones para grupos específicos de forrajes.

**Imagen 1. NIRS (fuente propia)**



Con este ensayo se pretende obtener dichas calibraciones a partir de los datos obtenidos para así facilitar a los ganaderos de la zona unos análisis precisos y en el menor tiempo posible de sus muestras en fresco. Con las muestras de la evaluación secas y molidas, se prepararon dos cápsulas por muestra para analizar por NIRS, registrándose todos los datos en el programa informático. A continuación, el mismo software combina la nueva información con la ya existente, recalcula las ecuaciones y dibuja las curvas que representan los parámetros que queremos medir en cuestión de minutos. Por último, se analizan otras muestras de los mismos tres ensilados en fresco para completar el ensayo, de forma que se puedan analizar las muestras que lleguen al centro de los ganaderos que quieran saber la composición de sus ensilados.

## CONCLUSIONES

No queda duda de que la técnica NIRS ha demostrado su gran utilidad y eficacia para analizar la composición química y los parámetros de digestibilidad tanto de materias primas para piensos como de forrajes verdes y ensilados. Aunque se siga requiriendo de otros métodos para su calibración, gracias a ensayos como este y en numerosos centros de investigación en todo el mundo, se están creando bases de datos con multitud de resultados para mejorar cada día en la obtención de datos cada vez más ajustados a la realidad, que sin duda contribuyen a la mejora de la productividad que es el objetivo último.

## AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Gonzalo Flores y Carlos de Blas por su paciencia y conocimientos transmitidos a lo largo de toda la práctica y realización de este trabajo, así como a mi abuelo por corregirlo.

## BIBLIOGRAFÍA

SERIDA, Redalan (<http://www.serida.org/redalan/dovivo.php>) Visitada el 14 de marzo de 2013  
Sociedad Española para el Estudio de los Pastos ([www.seepastos.es](http://www.seepastos.es)) Visitada el 13 de marzo de 2013  
Universidad de Córdoba ([www.UCO.es](http://www.UCO.es)) Visitada el 13 de marzo de 2013

## **SESIÓN C3**





## Influencia de harinas especiales en panificación: elaboración de pan de centeno

González, Lara; Pozo, Sara del

Tutor: Callejo, Maria Jesus

*Departamento de tecnología de alimentos. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: lara.gmorales@alumnos.upm.es sara.pozo.ituero@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

En la asignatura Industrias de Cereales, durante el curso 2012-2013, se propuso como tema de trabajo cooperativo: "Evaluación de la influencia de las harinas especiales en panificación". Cada grupo de estudiantes debía elegir una harina especial y desarrollar un protocolo de pan precocido congelado en molde. Después de acabar la cocción se tenía que llevar a cabo el análisis instrumental y sensorial de la calidad de los panes y establecer un análisis comparativo entre todas las harinas elegidas. El pan de centeno desarrolló poco volumen, debido a una excesiva dosificación de  $\alpha$ -amilasas en la formulación de la masa y el análisis sensorial permitió determinar que era un pan más complejo que el resto de los panes elaborados.

**Palabras clave:** Centeno, Pan, Masa madre

### INTRODUCCIÓN

Como punto de partida para este trabajo, la profesora propuso 5 cereales: centeno, integral, arroz, espelta y maíz. De entre las 5 propuestas presentadas se tuvo que elegir cuál era el cereal con el que se iba a hacer el trabajo, así como la dosis de mezcla con harina de trigo y las características de dicha harina de trigo. Para ello, la profesora suministró 3 tipos de harinas de trigo junto con sus características reológicas (W,P,L e Índice de Caída), después de haber realizado una práctica donde se explicaba cómo y por qué era necesario obtener dichos parámetros analíticos (Callejo, 2012). Asimismo se aportaron referencias bibliográficas que nos permitieron documentar la elección.

En nuestro caso optamos por el centeno porque es un pan con un alto contenido en fibra y con unas características organolépticas distintas a los panes típicos de nuestro país (Lorenz, 2004; González y col., 2012)

### OBJETIVOS

De carácter general:

- Evaluar la influencia de las harinas especiales en panificación.

De carácter concreto:

- Elegir una harina especial y desarrollar un protocolo de pan precocido congelado en molde.
- Evaluar instrumental y sensorialmente la calidad del pan.
- Comparar los resultados obtenidos para la harina elegida con los de los panes elaborados por el resto de los grupos de trabajo cooperativo.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.- Determinación de la formulación de la masa.

Se optó por sustituir un 50% de la harina de trigo. Al emplear centeno hubo que bajar el pH de la masa mediante el empleo de una masa madre (m.m) tipo "biga". De esta forma, se favorece la gelificación de las pentosanas del centeno, ya que el centeno no contiene gluten.

- 200 g de harina de trigo
- 400 g de harina integral de centeno
- 600 g de biga
  - ⊖ 200 g de harina de trigo
  - 200 g de harina de centeno
  - 100 g de agua
  - 100 g de yogur
  - 5 g de levadura liofilizada
- 550 g de agua
- 5 g de levadura deshidratada instantánea
- 18 g de sal
- 0,81 g de  $\alpha$ -amilasa

### 2.- Parámetros analíticos de la harina de trigo:

**Tabla 1. Parámetros analíticos de la harina<sup>(1)</sup>**

Alveograma de Chopin (ISO 5530-4)				Índice de caída
W (fuerza panadera)	P (tenacidad)	L (extensibilidad)	P/L(relación de configuración de la curva)	(ICC 107/1)
$10^{-4}$ J	mm	mm		Seg
176	51	116	0.44	323

<sup>(1)</sup> Los parámetros analíticos de la harina después de haber realizado una práctica dónde se explicaba cómo se obtenían y cuál era su significado

### 3.- Protocolo de elaboración:

**Tabla 2. Protocolo de elaboración**

Amasado	Tª final masa	Reposo en bloque	División en piezas
6 min. 20 seg	21,8 °C	60 min	750 g

Las dos piezas obtenidas, una vez formadas en la formadora (*Subal*) y colocadas en el molde, se introdujeron en una cámara de fermentación (*Sveba Dahlen Smartbox*) controlada durante 22 horas a 5°C. A continuación se metieron en el horno (*Sveba Dahlen S200 Minihorno Rotativo*) a 180°C durante 25 minutos, donde se llevó a cabo su precocción. Tras la cual, se desmoldaron y se dejaron enfriar una hora y media. Después se llevaron a un arcón congelado (*Liebherr Premium*) a -20°C.

4.- Evaluación instrumental.- El día previsto para la realización de los ensayos instrumentales, los panes se descongelaron y se acabaron de cocer. Después se sometieron a las siguientes determinaciones analíticas:

4.1.- Peso.- Se pesaron los panes en balanza (*Bosch D-72417*)



4.2.- Volumen.- Se determinó el volumen de los panes introduciendo en un cilindro un volumen conocido de semillas de Nabina. El cilindro se descarga con cuidado en otro cilindro de iguales características: primero una pequeña cama de semillas donde colocamos el pan y después se rellena con el resto de semillas. El volumen ocupado por las semillas que no se usan porque son sustituidas por la pieza del pan, indica cuál es el volumen del pan.

#### 4.3.- Parámetros de textura

Se utilizó un texturómetro (*Slevens Qts*) para determinación de firmeza y elasticidad de la miga utilizando rebanadas de 20 mm de espesor. Las determinaciones de la firmeza se efectuaron a las 24 y a las 48h de la cocción final, para evaluar la pérdida de calidad del pan durante el envejecimiento.

Las rebanadas del extremo se quitaron por no ser representativas.

#### 5.- Evaluación sensorial

Con el otro pan, tras ser descongelado y cocido realizamos un análisis sensorial. La prueba se llevó a cabo en la sala de cata del Dpto. de Tecnología de Alimentos. En cada puesto se colocó un mantel y un vaso de agua. Los panes fueron servidos en rebanadas, cortadas previamente, y envueltos en papel de aluminio. Las muestras de pan se presentaban con códigos de 3 cifras. Se cataron los cinco panes elaborados por todos los grupos de trabajo cooperativo sin saber qué tipo de pan era y se valoraron atributos de apariencia, aroma, textura y flavor. Los resultados de la cata descriptiva se obtuvieron del análisis sensorial de 9 personas que actuaron como “jueces”, a los cuales se les entregó un cuestionario con una escala del 1 al 10 para valorar los atributos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3. Resultados analíticos del pan de centeno y del resto de panes elaborados por los otros grupos de estudiantes**

	Panes	Centeno	Maíz	Espelta	Integral	Arroz
<b>Día 1</b>	<b>Firmeza (g)</b>	2755	4555	2455	2142	1092
	<b>Elasticidad (%)</b>	0,15	0,14	0,18	0,18	0,34
<b>Día 2</b>	<b>Firmeza (g)</b>	3862	5111	3296	2319	1331
	<b>Elasticidad (%)</b>	0,18	0,14	0,20	0,16	0,17
	<b>Peso salida cocción final (g)</b>	624,2	632,2	634,8	637,8	623,5
	<b>Volumen (cc)</b>	833	--- <sup>(1)</sup>	1340	1340	1475

(1) Dato no registrado

Fuente: elaboración propia

Tal y como muestra la Tabla 3, la firmeza de la miga obtuvo un resultado medio (2755 gramos), mientras que la máxima la obtuvo el pan de maíz (4555 gramos) y la mínima fue la del pan de arroz (1092 gramos). Los datos de firmeza del segundo día aumentaron en todos los panes, especialmente en el de centeno, donde el aumento fue en mayor proporción. No debería haber sido así ya que el centeno envejece más lentamente que el resto de cereales (Lorenz, 2004). La firmeza moderada que se observó concuerda con las migas densas de este tipo de panes. La elasticidad fue baja comparada con los otros panes, lo que tiene relación con esa mayor consistencia de los panes de centeno.

Durante el desarrollo de la fermentación en frío, se observó que la masa no fue capaz de retener el CO<sub>2</sub> (aparecían desgarraduras en la superficie de la pieza provocadas por el escape del CO<sub>2</sub> no retenido), probablemente como consecuencia de una excesiva dosificación de  $\alpha$ -amilasas.

Conviene recordar que el valor del Índice de Caída se ajustó a 323 segundos con la dosificación de  $\alpha$ -amilasas de harina de malta. Como se había empleado una m.m tipo “biga” para bajar el pH y provocar la gelificación de las pentosanas del centeno, dicha



m.m debió aumentar la actividad enzimática en exceso en nuestra masa (fermentación en frío durante 24 horas a 5°C).

El volumen del pan elaborado con harina de centeno ha sido menor en comparación con el resto de panes que se elaboraron, probablemente debido a la alta tasa de sustitución del trigo por el centeno.

Respecto al análisis sensorial, y aunque los valores medios de los atributos evaluados han de omitirse en este documento por la falta de espacio, cabe destacar que el pan de centeno manifestó unas características distintivas, que la gran mayoría de catadores supo diferenciar e identificar. Mostró una gran consistencia y densidad e instrumentalmente necesitó de una harina de fuerza que le ayudara a tener más estructura debido a su ausencia de gluten, lo que además permitió que el tiempo de amasado fuera corto. Además, se puede utilizar más agua por su gran capacidad de absorción y el amasado no puede ser muy intenso por su contenido en fibra.

### CONCLUSIONES

- Se observa una clara diferencia entre los parámetros instrumentales y sensoriales de los panes de centeno y el resto de los panes.
- Todos los panes elaborados en la práctica mostraron síntomas de excesiva fermentación, lo que permite sospechar una excesiva dosificación de harina de malta.
- Sin embargo, a nivel sensorial los panes de centeno fueron muy bien valorados, mostrando características distintivas respecto al resto de los panes.

### BIBLIOGRAFÍA

Callejo, M.J. Apuntes Asignatura Industrias de Cereales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, 2012.

González, L. Jiménez, L. Pozo, S. *Informe nº1: Elección del cereal para la elaboración de pan*, Madrid, 2012.

International Association for Cereal Chemistry (ICC). Determination of the "Falling Number" according to Hagberg - as a Measure of the Degree of Alpha-Amylase Activity in Grain and Flour. ICC-Standard No. 107/1 Approved 1968. [Octubre, 2011].

International Organization for Standardization (ISO). Wheat flour (*Triticum aestivum* L.) -- Physical characteristics of doughs -- Part 4: Determination of rheological properties using an alveograph. ISO 5530-4. 2002. [Octubre, 2011].

Lorenz, K. 2004 Rye, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.





## Productos conservados por presurización

San Vidal Martínez, Víctor; Alonso Cabezas, Isabel

Tutor: Morata Barrado, Antonio Dionisio

*Departamento de Tecnología de los Alimentos. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.*

*Correo electrónico: v.sanvidal@alumnos.upm.es; isabel.alonsoc@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

La importancia de los métodos de conservación para nuestra civilización es indiscutible, ya que gracias a ellos podemos alimentarnos de productos sin tener en cuenta en cierto modo la estacionalidad, el carácter perecedero de los alimentos, etc, por lo que los avances que se han hecho en estas técnicas son muy significativos.

En concreto, existe una técnica basada en la presurización de los productos alimenticios llamada HPP (High Pressure Processing) que alarga la vida útil de los productos sometidos a ella, conservando gran parte de sus propiedades organolépticas y valor nutritivo. Este método, es conocido como procesado por altas presiones hidrostáticas. Consiste en someter al alimento a elevadas presiones sin necesidad de realizarlo a elevadas temperaturas; además el tratamiento se hace en el envase final del producto a comercializar, por lo que las posibilidades de contaminación posterior son escasas, garantiza uniformidad en todo el producto y envase evitando así zonas inseguras o focos potenciales de contaminación. Debemos tener en cuenta que durante el procesado por esta técnica, aparte de controlar la presión (hasta 600 MPa), podemos controlar la temperatura, la cual puede ser de refrigeración (3°C) evitando así daños y modificaciones en el producto.

La técnica de HPP es apta para muchos tipos de alimentos sólidos e incluso líquidos, tales como zumos, salsas, lácteos, mariscos, carnes...que podrán presumir de no llevar tantos aditivos y conservantes, puesto que su viabilidad está asegurada si han sido sometidos a altas presiones.

**Palabras clave:** Conservación, HPP, Alimentos

### INTRODUCCIÓN

Ante las cada vez mayores exigencias de los consumidores a la hora de hacer la compra de cada día, nuevos métodos de conservación se han desarrollado para complacerles. La aplicación de altas presiones, mediante la técnica HPP (*High Pressure Processing*), es uno de ellos relativamente nuevo, con numerosas ventajas como el aumento en la vida útil de los productos, así como su gran aceptación debido a la tendencia de querer alimentos con los menores aditivos añadidos posibles y con el nivel de calidad más alto con sus propiedades organolépticas intactas. Sin embargo, actualmente no está muy publicitado y el objetivo de este trabajo es hacer un estudio sobre ello y darlo a conocer en vistas a su gran potencial futuro.

### DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE HIGH PRESSURE PROCESSING

Cualquier método de conservación persigue controlar las reacciones que se dan en los alimentos por efectos físicos, químicos y/o biológicos. Algunos métodos son mejores para según qué alimentos (líquidos o sólidos; húmedos o secos; gran espesor o laminares...); existen numerosos métodos basándose cada uno en diferentes factores que controlen el desarrollo de microorganismos, reacciones químicas, enzimáticas...como el salazón, pasteurización, aditivos, irradiación, encurtido, curado, liofilización, secado, refrigeración, congelación, ahumado, atmósferas modificadas...y presurización.

Este último consiste en introducir el alimento a conservar envasado a un conjunto de dispositivos que harán que la presión aumente, pudiendo llegar hasta 600 MPa, que para hacernos una idea es más de seis veces el valor de la presión del fondo de las fosas



Marianas (zona más profunda del planeta con más de 11 km de profundidad); en cuanto a la temperatura, ésta no tiene por qué ser elevada como en la mayoría de los procesos de conservación, pudiendo ser incluso de refrigeración (3°C) dependiendo del proceso; esto nos permite evitar los daños ocasionados por las elevadas temperaturas en el alimento, cambios en sus caracteres, etc. Esta técnica es conocida como altas presiones hidrostáticas, en inglés High Pressure Processing (HPP).

Así pues, HPP es una técnica de conservación de alimentos que empezó a utilizarse en 1899 por Hite aplicándola a lácteos; hoy en día la técnica ha sufrido numerosos e interesantes avances tecnológicos, los cuales le convierten en una de las más ventajosas en cuanto a calidad y seguridad del producto final.

Si analizamos más a fondo su mecanismo de actuación, vemos que consta de una vasija presurizada donde introduciremos el producto a presurizar; esta vasija se llena de un fluido inocuo (normalmente agua) mediante un grupo de bombas (centrífugas) de gran caudal (y baja presión); una vez que está llena, se aumenta la presión introduciendo más fluido mediante otro grupo de bombas (normalmente de pistón) de bajo caudal (y alta presión) hasta llegar a 400-600 MPa; se paran las bombas y se cierra la vasija durante el tiempo (no suele ser más de 10 minutos) y la temperatura necesarios para que bajo esa sobrepresión el producto quede presurizado según nuestros objetivos comerciales.

Debe destacarse la dificultad del proceso de presurización, puesto que los fluidos cuando llenan un recipiente son incompresibles. Sin embargo, ante las ingentes fuerzas de presión, se consigue introducir una cantidad mínima pero suficiente de fluido. Así se crea esa gran sobrepresión en el interior de la vasija. Éste se distribuye de manera uniforme por todo el producto. De esta forma, evitamos daños en él, como se puede ver en el ejemplo de una fresa que, ante la presión ejercida por nuestra mano puede quedar destrozada, y en cambio ante la presión uniforme de 600 MPa no.

Lo que más caracteriza a esta técnica de HPP son los excelentes resultados obtenidos con ella, puesto que causa daños estructurales a los microorganismos, afecta a las cadenas de ADN, membrana celular, pared celular, etc, inactivándolos de forma efectiva. Sus resultados son casi inigualables por parte de los métodos convencionales de conservación, sus características son:

1. No daña al producto.
2. Reduce o evita la necesidad de conservantes, pudiéndose considerar el alimento "natural", es decir, venderse con la etiqueta "*sin conservantes añadidos*", la cual es una demanda creciente y aspecto importante a valorar por el consumidor del s.XXI.
3. Mantiene las propiedades organolépticas y nutricionales originales.
4. Destruye patógenos y reduce considerablemente los microorganismos alterantes proporcionando una vida útil más duradera.
5. Aunque requiera elevado coste de inversión para conseguir los equipos necesarios, sólo precisa de agua y electricidad para su funcionamiento, siendo un método completamente respetuoso con el medio ambiente.
6. Tratamiento igualmente efectivo ya sea con producto envasado o no.
7. Muy útil para alimentos ácidos, aunque en el resto podemos encontrar problemas de resistencia de esporas.

Tampoco debemos olvidar que toda técnica novedosa requiere de una comprobación de su inocuidad, eficacia y utilidad, sin mencionar las reticencias de la sociedad hacia lo novedoso sobre todo en alimentación, por ello aparte de tiempo de adaptación a las nuevas tecnologías, debe tener un aval institucional, en este caso la Unión Europea que ha legislado sobre esta técnica de conservación de alimentos. Así pues, el uso de productos presurizados está regularizado por la Unión Europea (UE) mediante una legislación sobre nuevos alimentos e ingredientes (CE 258/97) en vigor desde 1997 que sería de aplicación para la técnica de HPP, puesto que entraría dentro del artículo 1.2.f,



*“alimentos e ingredientes alimentarios que se hayan sometido a un proceso de producción no utilizado habitualmente...”*

Aunque, al ser la técnica de HPP equivalente a otras consideradas “no nuevas”, los productos presurizados por HPP podrían regirse por la legislación sanitaria general.

### APLICACIONES DE HPP

Aunque esta técnica fuera ideada hace más de 100 años, la imposibilidad de desarrollar una maquinaria apta para este método la convierten en una de las más novedosas, por lo que aún no se ha extendido mucho y no está muy comercializada. Sin embargo, al estar la industria alimentaria tan sujeta a la demanda y los deseos del consumidor, es una forma de conservación que permite unos productos muy aceptados por éstos y que probablemente se consolide como uno de los métodos más expandidos y populares al ser una alternativa natural de procesado.

Se puede aplicar a una amplia gama de productos tanto alimenticios como zumos, carnes y platos preparados como en farmacia y cosméticos. Algunos ejemplos de estos productos que habitualmente nos encontramos en las tiendas de alimentación, de los cuales muchos de ellos no tendrán reflejado su tratamiento de conservación ya que la ley no lo exige, son los citados a continuación:

- Productos cárnicos y sus derivados: Son unos de los principales beneficiados por esta innovadora técnica debido al aumento de su vida útil que permite mayor exportación y expansión, sin modificar sus propiedades organolépticas ni químicas permitiendo eliminar la adición de conservantes y aditivos artificiales que tanta mala fama tienen y producen rechazo en un considerable porcentaje de la población. También permite el desarrollo de productos nuevos y funcionales como bajos en sal o con Omega 3 que tan bien aceptados por los consumidores son. Algunos de los ejemplos más comunes son productos al vacío o con atmósfera modificada de jamón en lonchas o pollo y pavo cortados.
- Platos preparados y procesados de fruta: Son un ejemplo de aplicación exitosa de las altas presiones a la vez que una buena oportunidad para su implementación con una seguridad alimentaria y una vida útil muy incrementada. Así pues, podemos mencionar un buen número de productos con referencias de “sin ingredientes artificiales” con un ligero procesado como ensaladillas, cremas y sopas, ensaladas... Procesados de fruta, como purés y salsas, también obtienen productos de alto valor añadido. Por ello, son etiquetados con calidad Premium y productos de cuarta o quinta gama.
- Aguacate y guacamole: Son los productos más expandidos y exitosos por esta tecnología. El procesado de aguacate evolucionó industrialmente con la técnica HPP debido a que respeta la frescura original de la fruta y aumenta la vida útil del producto y la comercial gracias a su efecto sobre una enzima (Polifenol oxidasa) que evita la oxidación del producto y su pardeamiento. Además del HPP se necesitarán otras herramientas tecnológicas para el éxito de conseguir un producto natural.
- Zumos: Garantiza un sabor y color fresco de la máxima calidad a frutas y verduras que mediante tratamientos térmicos ven sus propiedades nutricionales, funcionales y organolépticas modificadas. No obstante, gracias al HPP se mantienen intactas sus vitaminas (como la C), anti-oxidantes y sin añadir conservantes pudiendo llevar el sello de producto natural y orgánico.
- Pescados y mariscos: Productos como bacalao, almejas, bogavante y cangrejos son procesados por altas presiones actualmente debido a dos grandes aplicaciones sobre éstos; la apertura de moluscos evitando la manipulación manual de los mismos y su riesgo de contaminación, y la extracción de carne de crustáceos, con rendimientos de casi el 100 % facilitando el acceso a las partes más pequeñas y difíciles. Así se evita el tratamiento térmico previo del producto por cocción mejorando la seguridad



alimentaria y la calidad a la vez que disminuyen los efectos en las propiedades del producto fresco y sus costes de producción.

- Productos lácteos: Alimentos como el queso (mejorando su maduración), el yogur (inactivando mohos, levaduras y bacterias no deseadas), rellenos de sándwich y productos innovadores (como un producto a base de calostro HPP comercializado en Asia), siempre tendrán asegurado una mejora en la vida útil del alimento y manteniendo la calidad a su máximo nivel. Además se está estudiando la opción de utilizarlo para la pasteurización en frío de queso hecho con leche fresca.

Numerosas empresas por todo el mundo están utilizando esta tecnología por altas presiones como la marca España en España que trata la pasteurización en frío y elabora una gran variedad de jamones y otros alimentos loncheados. Campofrío es otra empresa que emplea esta técnica siendo líder en innovación y con comercialización de productos nuevos y funcionales con reclamos de bajas cantidades en aditivos y colorantes o con valores añadidos como bajo en sal.

### CONCLUSIONES

En conclusión, la sociedad ha avanzado mucho en el último siglo tecnológicamente hablando, provocando a su vez una sofisticación a la hora de elegir lo que comemos. En respuesta a ello, han surgido las llamadas técnicas emergentes de conservación (y envasado, puesto que hoy en día el envase no es un mero portador, sino que también suele formar parte del proceso de conservación), de entre ellas está la presurización por HPP que está siendo cada vez más usada. El desconocimiento de la sociedad en general es evidente, algo que mediante trabajos como éste queremos cambiar para dar a conocer a éste “gran oculto”, que tiene mucho futuro gracias a sus excelentes resultados en cuanto a seguridad y calidad alimentaria.

### AGRADECIMIENTOS

A D. Antonio Morata Barrado por su colaboración y apoyo durante el trabajo.

### BIBLIOGRAFÍA

<http://www.hiperbaric.com/es> consultada 27 de Febrero de 2013.  
Madrid Vicente A., Gómez-Pastrana J.M., Madrid J.M., Cenzano J.M. 2003 Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos pp: 161-167  
Morata, A. Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. Ed. AMV. Madrid. 2009.



## Invernaderos ecológicos como respuesta a la falta de una alimentación equilibrada en el altiplano peruano

Pascual Guzmán, Antón

Tutores: Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio<sup>1</sup>, Rebollar, Pilar G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal.

E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: anton.pguzman@alumnos.upm.es

### RESUMEN

Este proyecto piloto se basó en la construcción de un invernadero ecológico que servirá de centro de capacitación para enseñar la manera de gestionar un biohuerto familiar a jóvenes estudiantes y sus familias. A la vez, suministraría productos vegetales al comedor infantil de una escuela. Este invernadero forma parte de la iniciativa de mejorar la alimentación de los niños y niñas que viven en las comunidades de altura que han de caminar más de 15 kilómetros hasta Huaró (provincia de Quispicanchi, Perú) para ir a la escuela, con lo que el invernadero se localizó próximo al comedor escolar para cubrir una doble finalidad: educativa y alimentaria.

**Palabras clave:** Biohuertos Familiares, Fitotoldo, Dieta equilibrada

### INTRODUCCION

Uno de los principales problemas en el altiplano peruano es la falta de una dieta equilibrada en determinados sectores de la población rural, provocada porque: más del 50% de la población rural no tiene acceso aún a lo más indispensable (ODM, 2013), faltan recursos económicos e información en las familias para destinarlos a mejorar su alimentación, y por último, las condiciones geográficas y físicas donde habitan los más pobres son muy difíciles (IFAD, 2013).

*El objetivo de este proyecto fue responder a las necesidades alimentarias de las comunidades de Huaró (Perú) proyectando y construyendo un invernadero ecológico como centro de capacitación y educación alimentaria. El invernadero se tenía que construir y mantener con el trabajo de las familias de las comunidades, así como servir para capacitar y crear una red de invernaderos familiares en las comunidades de altura.*

Además, el invernadero debía ubicarse en los terrenos de la parroquia San Juan Bautista de Huaró, Provincia de Quispicanchi en el Departamento de Cuzco, Perú, a 3.157 metros sobre el nivel del mar.

### TIPOLOGÍA Y NATURALEZA DEL PROYECTO

El primer paso fue decidir el tipo de invernadero a construir para obtener buenos resultados y que permitiera sembrar hortalizas que no se cultivan al aire libre en la zona alto andina debido a las brisas bajadas de temperaturas nocturnas (Tabla 1).

**TABLA 1. Temperaturas máximas (T<sup>a</sup> máx), mínimas (T<sup>a</sup> mín), medias (T<sup>a</sup> med) y media de precipitaciones de Huaró en el año 2012. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T <sup>a</sup> máx (°C)	19,7	19,4	19,8	20	19,8	19,5	19,2	20,4	20,3	21,4	21,1	19,9
T <sup>a</sup> mín (°C)	6,6	6,8	6,7	4,9	2,6	0,3	0,2	1,2	4	5,4	5,7	6,4
T <sup>a</sup> med (°C)	13,1	13,1	13,2	12,4	11,2	9,9	9,7	10,8	12,1	13,4	13,4	13,1
Precipitación (mm)	118	116	98	37	7	4	5	7	21	36	55	94

Los invernaderos de vidrio o de plástico hasta el suelo, como son los de las zonas cálidas, corren el riesgo de quemar las plantas por el día debido a la alta radiación que



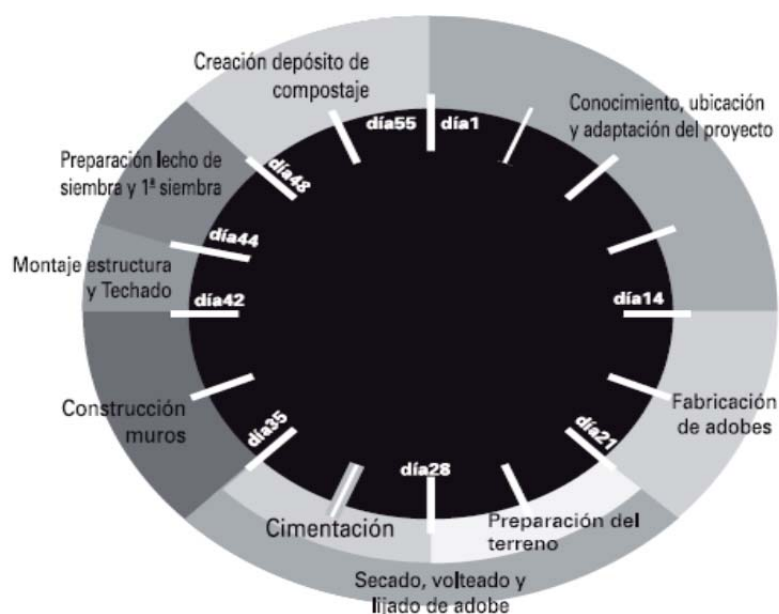
hay a esa altura, y de congelarlas luego por la noche (Tapia, 2009). Por ello, se optó por crear un fitotoldo con paredes de adobe y techo de plástico (Agro film). La elección de las paredes de adobe se debió a un doble objetivo. Por ser un material que absorbe la radiación solar durante el día y la cede durante la noche, ayudando a que no existan elevadas fluctuaciones de temperatura en el interior del invernadero y por ser el material típico usado en la zona para la construcción, lo realizan las familias con barro y paja de sus campos para la construcción de sus hogares. Si se realizaba con material de vidrio, acero o completamente de plástico, no habría sido posible que las familias replicasen el proyecto en sus comunidades.

Para fijar los objetivos fue esencial conocer la zona en la cual ya se estaba llevando a cabo un proyecto similar en el que se había puesto en marcha un elevado número de fitotoldos familiares. Fue necesario acompañar el proyecto del invernadero con capacitación y educación previa a las familias responsables de sus cultivos para que éstos fueran útiles y no se abandonasen. Una vez fijados los objetivos, se trasladó lo observado, la forma de construcción, la estructura y los materiales al proyecto de Huaro, aumentando su tamaño para aportar, en la medida de lo posible, productos al comedor asociado con una capacidad para 100 niños.

### DESARROLLO DEL PROYECTO

En la siguiente figura se muestra el calendario de actividades que llevamos a cabo para la construcción del invernadero.

**Figura 1. Calendario del proceso de construcción del invernadero.**

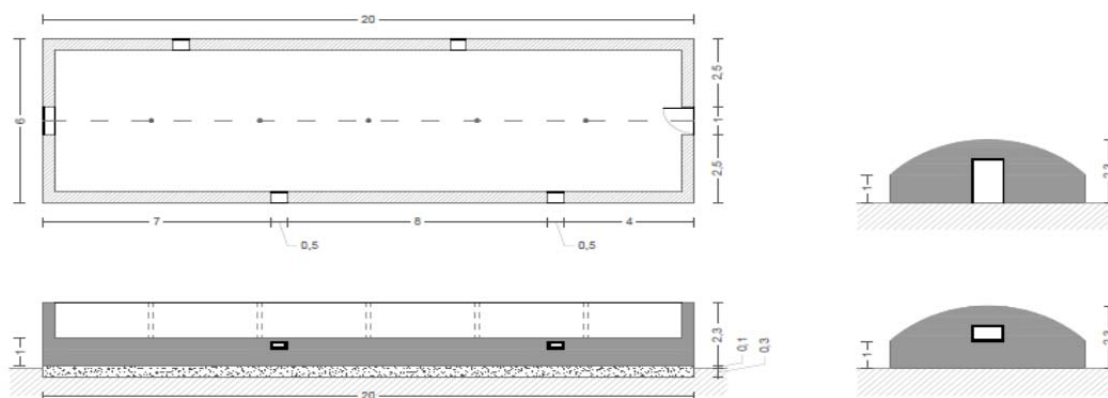


En primer lugar se diseñó un invernadero de 120 m<sup>2</sup> (20 m x 6 m x 2,3 m), con una orientación este-oeste de su pared más larga para una mayor captación de luz (Figura 2). Para la construcción de los muros se necesitaron 2.500 ladrillos de adobe, de 40 cm x 40 cm x 18 cm. Se emplearon 30 ladrillos/m<sup>2</sup> de muro según la forma de construcción de ladrillos trenzados (SENCICO, 2001). Para que el ladrillo de adobe fuera de una calidad aceptable se mezcló un volumen de 20% de paja y 80% de barro, el cual tenía un 70% de arena gruesa, 20% de arcilla y 10% de grava. Para fabricarlo se hizo un agujero en el suelo, se removió la tierra quitando todas las piedras grandes y se fue agregando agua hasta formar el barro, se pisó y se dejó reposar dos días. Se usaron 18,5m<sup>3</sup>. Posteriormente, se le agregó la paja y se llenó un cajón de tres caras para darle forma. Se vació y se dejó secar a la sombra, pues al sol se rajaban, en un suelo plano y seco con arena para que no se quedasen adheridos. Hubo que dejar un secado mínimo de 10



días, y a la mitad del tiempo de secado se colocaron de canto para que se secase el lado apoyado (SENCICO, 2001).

**Figura 1. Planta y alzados del invernadero ecológico de adobe y plástico en Huaro. (Cotas en metros)**



Se preparó el terreno, limpiando restos de cosechas, alisando y retirando toda piedra que pudiese interferir en la huerta. La cimentación del muro se realizó para protegerlo de la humedad. Para su nivelado se trazó la zona (utilizando cordeles, yeso y picos), se hizo acopio de piedras y se preparó la zanja de 30 cm de profundidad y 40 cm de ancho. Posteriormente, se rellenó con piedras hasta una sobrecimentación de 10 cm para que los adobes no estuvieran en contacto con el terreno y que no sufrieran por la humedad. A continuación, se levantaron los muros usando una mezcla de barro y paja para su asentado.

Pasada la etapa de construcción del muro se realizó el techado ensamblando la cumbrera con postes de hierro (tubos de hierro de 1 pulgada) que pasaba por el centro del invernadero longitudinalmente, de un muro frontal al otro, apoyada en 5 postes clavados en el suelo a una distancia de 3,33 m uno del otro y de las paredes frontales. La cumbrera se recubrió con un tubo de PVC para que al rozar con el plástico no lo rompiera, controlando que estuviera bien nivelada. Una vez montada se procedió a colocar los hierros corrugados de  $\frac{1}{2}$  pulgada que van puestos perpendicularmente a lo largo del invernadero a 1 m unos de otros y clavados unos 20 cm en el suelo a ambos lados junto al muro, nivelados con la cumbrera, se tensaron junto al muro mediante alambre y clavos y se protegieron con tubos de PVC para no dañar el plástico.

Una vez montada la estructura de la cumbrera y los 20 hierros perpendiculares, se intercalaron dos cables de alambre entre cada hierro (total 40) y 14 cables longitudinalmente a una distancia de 40 cm unos de otros, tensándolos sobre el muro con clavos. De este modo, se formó una red que serviría para sustentar el plástico (Agro film) que haría de techo. El Agro film es de polietileno de larga duración de 180 micras de espesor y una densidad de 0,92.

El plástico (22 m x 8 m) se extendió con mucho cuidado, se sobredimensionó para que cayera lo mismo a ambos lados y poder hacer un alfeizar evitando la caída de agua sobre los muros cuando lloviera. Se fijó al muro con paja y barro, tensándolo lo máximo posible y terminando de sujetarlo con una fila de adobes por encima. Finalmente, se instalaron puertas y ventanas para evitar la entrada de animales.

Una vez terminada la construcción del invernadero, se realizó una poza de compostaje en la que con estiércol, desechos orgánicos y lombricultura se creará abono para mantener fértil el suelo del biohuerto. Se dividió el interior del invernadero en doce parcelas, programando un calendario de siembra con cultivos asociados y su rotación. Los cultivos propuestos fueron: zanahoria con rabanito, lechugas con acelga y orégano en los extremos, cilantro y perejil, nabo con espinaca, remolacha y puerro, repollo y acelga, cebolla china y lechuga (García, 2004). En la siguiente tabla se muestra un resumen del presupuesto, medidas, precios y materiales del invernadero proyectado.

**Tabla 2. Resumen del presupuesto, medidas, precios y materiales de un invernadero ecológico en Huaro (Perú).**

Capítulos	UNIDADES	COSTE	
		SOLES	EUROS
ALBAÑILERÍA			
Adobes	2500 unidades	1250,0	367,15
Cimentación	8,32 m³ piedra	400,0	117,49
Transporte piedras y adobes	3 camiones	270,0	79,30
Mano de obra construcción	5 personas y 7 días	1325,0	389,18
CUBIERTA			
Hierro corrugado 1/2" y 11m.	25 unidades	662,5	194,59
Tubo hierro hueco 1" y 2,5m.	5 unidades	320,8	94,22
Tubo PVC 1/2" y 9m.	10 unidades	189,5	55,66
Tubo PVC 1" y 2,5m.	5 unidades	32,0	9,40
Agro film 180 micras de espesor	210 m²	1600,0	469,95
Alambre calibre 14	25 kg	200,0	58,74
Clavos nº 6	5 kg	42,0	12,34
Transporte		200,0	58,74
Mano de obra ensamblaje		96,5	28,34
CARPINTERIA			
Puerta 1,6m x 1m	1 unidades	150,0	44,06
Ventana frontal 0,6m x 1m	1 unidades	60,0	17,62
Ventanas laterales 0,3m x 0,5m	4 unidades	220,0	64,62
HERRAMIENTAS		386,0	113,38
DESPLAZAMIENTO Y DIETAS		115,0	33,78
TOTAL		7519,3	2.208,55

Fuente tipo de cambio Banco Central Europeo a 07/03/13 (3,40463 SOLES/EUROS)

## CONCLUSIONES

Se ha proyectado y construido un invernadero de 120 m<sup>2</sup> con muros de adobe y cubierta de plástico, con un coste por metro cuadrado de 18,41 euros que permitirá la siembra de 14 cultivos asociados en una superficie de 96 m<sup>2</sup> y que se empleará para la enseñanza y diversificación de la alimentación de las comunidades pertenecientes a la Escuela de Huaro en Perú.

## AGRADECIMIENTOS

A las personas que me dieron la oportunidad de aprender de la experiencia y colaboraron en el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central Europeo, 2013. Tipo de Cambio de Divisas. [En línea] <http://www.ecb.int/home/html/index.en.html> (Fecha de consulta: 07/03/02013).
- García J.M., 2004. Invernaderos Familiares, Qué Debemos Conocer. Escrib editores. Perú. pp: 48.
- IFAD, 2013. Enabling poor rural people to overcome poverty. [En línea] <http://www.ifad.org/> (Fecha de consulta: 11/03/02013).
- ODM, 2013. Objetivos de desarrollo del milenio 2015. [En línea] <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/> (Fecha de consulta: 11/03/02013).
- SENAMHI, 2013. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. [En línea] <http://www.ecb.int/home/html/index.en.html> (Fecha de consulta: 07/03/02013).
- SENCICO, 2001. Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción. Lima-Perú. pp: 28.
- Tapia H., 2009. Fitotoldos, manual de construcción y uso. Energía solar en los Andes. PEJ PA, Perú. pp: 41.





## Meta-análisis de los organismos genéticamente modificados

Fernández Sanz, Hugo

Tutor: Garrido Colmenero, Alberto

*Departamento de Economía y CC.SS y Agrarias; E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica*

*Correo electrónico: hj.fernandez@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

El presente meta-análisis, sintetizado en base a un trabajo de fin de carrera en curso a partir de una propuesta de la fundación Antama, ahonda en la controversia existente hoy en día en torno a los beneficios y riesgos de la introducción, manejo y fomento de los organismos genéticamente modificados, también conocidos como transgénicos. A través de la revisión bibliográfica y selección de más de 150 artículos académicos, se trata de dar una respuesta basada en datos empíricos en cuanto a su implantación en el presente y de cara al futuro, centrándose en la evolución del cultivo de maíz Bt en España.

**Palabras clave:** *Transgénicos, OMG, Maíz*

### INTRODUCCION

Hasta la fecha sólo hay dos cultivos transgénicos autorizados a nivel comunitario, el maíz Bt MON810, resistente a la plaga de taladro y la denominada patata “Amflora”, destinada a la producción industrial de almidón; pero sólo el primero se cultiva en España.

El objetivo de este trabajo es observar, analizar y comprender en la medida de lo posible a través de la evolución del sector de los transgénicos, cuales son las perspectivas de futuro para dicho sector, haciendo énfasis en la interpretación de diferentes datos existentes sobre el impacto del maíz Bt, desde su adopción en España en 1998, hasta la actualidad, momento en el que ocupa el puesto décimo séptimo a nivel mundial, con 116.306 hectáreas dedicadas a maíz Bt, lo que representa el 90% de cultivos MG en Europa (total 129.071 hectáreas), un crecimiento del 19,5% respecto a 2011 y el 30% del total de cultivos del país.

Tras la indexación de dichos datos clasificados según la metodología propuesta, se procederá a la discusión de los mismos en base a la cual se elaboraran unas conclusiones, cuyo objetivo es mostrar una visión imparcial de la realidad de este tipo de cultivos, centrándola en el marco de nuestro país.

La decisión de optar por este tema para el trabajo es debido a que el debate en torno a los beneficios/riesgos de los cultivos genéticamente modificados está muy de actualidad, y por tanto resulta un campo bastante atractivo e interesante de intentar analizar y comprender.

### MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología aplicada para la elaboración de este estudio esta basada en la indexación de datos a través de la selección de referencias de interés bibliográfico de un total de 150 artículos consultados.

La Tabla 1 muestra la evolución de la superficie de cultivo del Maíz Bt, el más implantado en nuestro país, desde la adopción del mismo, en 1998, hasta 2012. Para ello se han consultado las estadísticas proporcionadas por el MARGRAMA así como el informe “Adoption and performance of the first GM crop introduced in EU agriculture: Bt maize in Spain” (Gomez-Barbero, M. Berbel, J. Rodriguez Cerezo, E.)



**Tabla 1. Comparativa de la evolución de la superficie estimada de Maíz Genéticamente Modificado respecto al total estimado de superficie de Maíz cultivada.**

AÑO	SUPERFICIE ESTIMADA MAIZ MG (Ha)	SUPERFICIE ESTIMADA MAIZ (Ha)
1999	22542 (4,82%)	467564
2000	24952 (6,10%)	408731
2001	27268 (6,20%)	439597
2002	10235 (1,98%)	516436
2003	21564 (4,54%)	474820
2004	58317 (11,97%)	486788
2005	52297 (12,56%)	416344
2006	53475 (15,16%)	352657
2007	75148 (20,81%)	361000
2008	76988 (20,70%)	371900
2009	79705 (22,84%)	348900
2010	76574 (24,55%)	311900
2011	97346 (26,43%)	368300
2012	116306 (40,21%)	289230

Fuente: elaboración propia a partir de datos del MARGRAMA y el IPTS

**Tabla 2. Comparativa del rendimiento, coste medio de aplicación de pesticidas y coste medio de semillas en el cultivo del maíz Bt para el conjunto de tres provincias españolas (Albacete, Lérida y Zaragoza) en el periodo 2002-2004. Precio (€/t) de maíz para el mismo período.**

Año	2002	2003	2004
Rendimiento maíz tradicional (t/ha)	11,17	10,99	11,27
Rendimiento maíz Bt (t/ha)	12,02	11,45	11,8
<b>Variación (t/ha)</b>	0,85	0,46	0,53
Coste pesticidas maíz tradicional (€/ha)	16,67	16,67	16,67
coste pesticidas maíz Bt (€/ha)	8,02	8,02	8,02
<b>Ahorro (€/ha)</b>	8,65	8,65	8,65
Coste semilla maíz tradicional (€/ha)	166,68	172,11	173,32
Coste semilla maíz Bt (€/ha)	193,27	198,94	198,48
<b>Diferencia (€/ha)</b>	26,59	26,83	25,16
<b>Precio maíz (€/t)</b>	150,8	156,6	185,2

Elaboración propia a partir de datos del IPTS

**Tabla 3. Comparativa de beneficios en €/ha entre el cultivo de maíz tradicional y el cultivo de maíz Bt en base a los parámetros estudiados.**

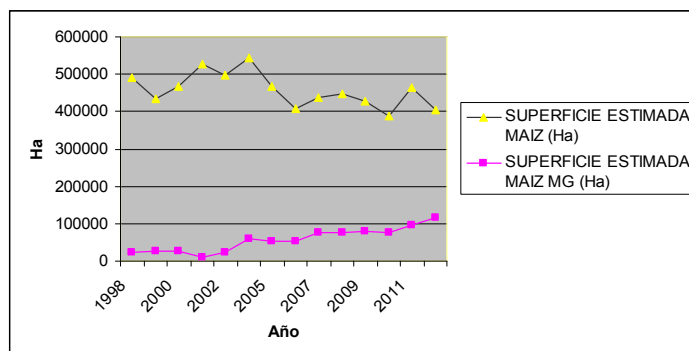
AÑO	2002	2003	2004
Beneficio maíz tradicional (€/ha)	1492,15	1532,25	1897,21
Beneficio maíz Bt (€/ha)	1611,32	1586,11	1978,86
Incremento beneficio (€/ha)	119,17	53,85	81,64

Elaboración propia en base a cálculos.

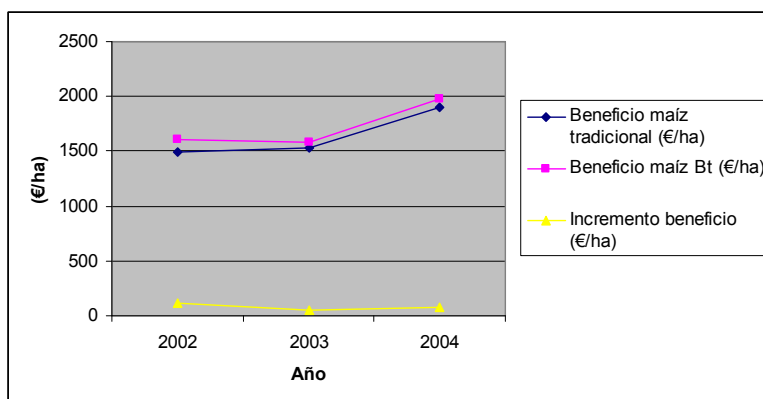


## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Fig.1 Evolución de la superficie de maíz (miles de hectáreas) y de la superficie estimada de siembra de maíz Bt (hectáreas) en España en el período 1998-2012**



**Fig. 2 Evolución de los beneficios de cultivos de maíz tradicional VS maíz Bt para el período analizado (2002-2004) que comprende la limitación de la comercialización de semillas y la aprobación del evento MON810**



Podemos observar a partir de la primera figura que, desde 1998, momento en el que se inició el cultivo de maíz MG resistente a la plaga de taladro y, desde entonces, la superficie estimada de siembra con este maíz ha experimentado una tendencia creciente, especialmente a partir del año 2003.

Hasta el año 2002 la empresa comercializadora de este evento (Monsanto) limitó el número de semillas disponibles en España, por lo que la superficie se mantuvo prácticamente estable, salvo por un ligero descenso en 2001. A partir de 2003, con la aprobación del evento MON 810 y el progresivo incremento de variedades comerciales de maíz Bt disponibles para los agricultores españoles, la superficie estimada de siembra con maíz MG ha ido incrementándose hasta alcanzar su valor más elevado en el año 2012.

Referente a los beneficios derivados del uso de la variedad de maíz Bt, el período en estudio (2002-2004) con el resultado medio de tres grandes zonas productoras de maíz (Albacete, Lérida y Zaragoza) para un total de 329 agricultores, plantea dos escenarios diferentes, la existencia de una cuota de mercado de semillas, y la supresión de dicha cuota y aumento de las variedades disponibles. En base a ello se puede observar como el incremento del beneficio asociado a los cultivos de maíz Bt sufrió un ligero descenso en el año 2003, momento en el que se liberalizó la comercialización del número de semillas, sin embargo dicha variación se registró como positiva respecto al anterior en el 2004, motivada por el aumento de variedades de maíz Bt, lo que permitió que los agricultores pudieran escoger aquella más adecuada a su región con la que pudieran



optimizar los beneficios, así como reducir las pérdidas asociadas al insecto diana que combate el evento MON810. Si bien los resultados observados en el gráfico son la media de las tres grandes zonas productoras de maíz, cabe resaltar que las mayores variaciones se produjeron en Zaragoza, debido a una serie de condiciones climáticas favorables a la semilla de maíz Bt que serían objeto de un estudio aparte.

## CONCLUSIONES

Existe un consenso científico en que los agricultores utilizan el maíz Bt como una especie de seguro, ya que reduce las pérdidas de rendimiento por barrenador del maíz, a la vista de los datos mostrados en la tabla 2. Además esto supone un descenso en el uso de pesticidas, de fertilizantes, o de labores de riego, estos últimos factores fuera de estudio pero con datos empíricos contrastados. También supone un ahorro económico y una menor producción de gases de efecto invernadero y gasto de agua, lo que hace de este tipo de cultivos una alternativa respetuosa con el medio ambiente. Si bien el coste de la semilla Bt es mayor que la tradicional, se puede afirmar en base a los resultados que la rentabilidad alcanzada es superior.

Queda demostrado pues, a la vista de estas ventajas, que la alternativa transgénica es la alternativa por la que cada vez más agricultores optan en nuestro país para el cultivo del maíz; con un crecimiento notable en la última década, hasta suponer casi la mitad de la superficie total de cultivos, y para un futuro se espera que continúe aumentando.

## AGRADECIMIENTOS

A mi tutor de TFC, Alberto Garrido Colmenero, por la proposición de este tema de trabajo, al personal del MARGRAMA, y al personal de la biblioteca de la ETSIA por ayudarme en la búsqueda de material bibliográfico, y a aquellas personas que me han aconsejado en la síntesis de un volumen ingente de información en 4 páginas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anuario del COAG: [http://194.30.12.92/rep\\_ficheros\\_web/26355fcbad4ca7a7fd92ada3626ede73.pdf](http://194.30.12.92/rep_ficheros_web/26355fcbad4ca7a7fd92ada3626ede73.pdf)  
Anuario de estadística del MARGRAMA: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx#para4>  
Ando, A.W. and Khanna, M., 2000. Environmental costs and benefits of genetically modified crops - Implications for regulatory strategies. *American Behavioral Scientist*, 44(3), pp. 435-463  
Areal, F. Riesgo, L. Rodríguez-Cerezo, E. 2011. Attitudes of European farmers towards GM crop adoption. *Plant Biotechnology Journal* 9(9):945-57 (2011)  
Binimelis, R., Monterroso, I. and Rodríguez-Labajos, B., 2009. Catalan agriculture and genetically modified organisms (GMOs) — An application of DPSIR model. *Ecological Economics*, 69(1), pp. 55-62.  
Castanera et al. 2010. El maíz Bt en España: experiencia tras 12 años de cultivo Phytoma España, 219 2010  
Chipman, A., 2010. Fears over Europe's GM crop plan. *Nature*, 466(7306), pp. 542-543  
Eizaguirre, M., Albajes, R., Lopez, C., Eras, J., Lumbierres, B., 2006. Six years after the commercial introduction of Bt maize in Spain: field evaluation, impact and future prospects. *Transgenic research*, 15(1), pp.1-12.  
Gomez-Barbero, M. Berbel, J. Rodríguez Cerezo, E. 2008. Adoption and performance of the first GM crop introduced in EU agriculture: Bt maize in Spain. JRC Scientific and Technical Reports, 2008.  
Meissle, M. et al, 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *Journal of Applied Entomology*, 134(5), pp. 357-375.  
Saeglitz, C. and Bartsch, D., 2003. Regulatory and associated political issues with respect to Bt transgenic maize in the European Union. *Journal of invertebrate pathology*, 83(2), pp. 107-109.  
Skevas, T., Fevreiro, P. and Wesseler, J., 2010. Coexistence regulations and agriculture production: A case study of five Bt maize producers in Portugal. *Ecological Economics*, 69(12), pp. 2402-2408.  
Wisniewski, J., Frangne, N., Massoneau, A. and Dumas, C., 2002. Between myth and reality: genetically modified maize, an example of a sizeable scientific controversy. *Biochimie*, 84(11), pp. 1095-1103.



## Funcionamiento de los pueblos indígenas en aislamiento ante presiones externas

Heredia, Marco

Tutor: Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio

*Grupo de Cooperación AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. E.T.S.I. Agrónomos.  
Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: m\_ghr\_86@hotmail.com, marco.heredia@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

La Amazonia es un medio de subsistencia ya que proporciona infinidad de recursos; la disponibilidad de éstos está estrechamente ligada a patrones climáticos y antropogénicos. En la actualidad las presiones que le afectan se intensifican, y cada vez es más claro que el precio a pagar no sólo es la pérdida de biodiversidad y el hábitat, sino también una disminución en la calidad de vida de las personas. Utilizando el software libre NetLogo versión 5.0.3 se plantea un modelo con cuatro escenarios para conocer el funcionamiento de pueblos indígenas en aislamiento bajo presiones externas.

**Palabras clave:** *Amazonía, Agricultura, Deterioro, Recursos naturales*

### INTRODUCCIÓN

Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas, generalmente constituido por varios ecosistemas. La Amazonia alberga el 10% de la biodiversidad conocida en el mundo, una de cada 10 especies conocidas en el planeta están en este bioma. La región consta de más de 600 tipos diferentes de hábitats terrestres y de agua dulce. Entre 1999 y 2009 se han descubierto al menos 1200 nuevas especies de plantas y vertebrados que incluyen 637 plantas, 257 peces, 216 anfibios, 55 reptiles, 16 aves y 39 mamíferos (WWF, 2009). La Amazonia cubre una extensión de 7,8 millones de km<sup>2</sup> sobre ocho países: Bolivia (6,2%), Brasil (64,3%), Colombia (6,2%), Ecuador (1,5%), Guyana (2,8%), Perú (10,1%), Suriname (2,1%) y Venezuela (5,8%), además de la Guyane Francesa (1,1%). En el territorio amazónico viven cerca de 33 millones de personas, incluyendo 385 pueblos indígenas, además de algunos en situación de aislamiento (RAISG, 2012).

**Importancia del bosque tropical amazónico.** La relevancia ecológica de la Amazonia es fundamental dentro del equilibrio ambiental del planeta (Herz et al 1995). La contribución del bosque tropical amazónico al desarrollo sostenible es eminente, por la capacidad de responder a las múltiples necesidades y retos económicos, sociales y ecológicos, ya que suministra alimentos y energía, contribuye a la creación de empleo y a la mejora de los medios de vida, proporciona servicios ecosistémicos indispensables, provee una gran variedad de productos, fomenta una vida más saludable y llevadera en las ciudades, mitiga y reduce las repercusiones de las catástrofes (Matta y Schweitzer, 2012). El bosque tropical ecuatoriano se ubica en la Amazonia occidental, con lo cual el Parque Nacional Yasuní tiene una posición biogeográfica única por la riqueza de anfibios, aves, mamíferos y distribución de las plantas que conserva (Bass et al., 2010).

**La amenaza de la frontera extractiva.** La Amazonia ecuatoriana está expuesta a diversas presiones que generan destrucción y deterioro en el recurso natural. Las principales actividades para la generación de ingresos por los productores se concentran en la agricultura (57%), la ganadería (10%), las explotaciones mixtas agrícolas-ganaderas (30%) y sistemas forestal o agroforestal intensivos en recursos naturales y con mano de obra con un bajo nivel de productividad y rentabilidad (1,4%) de productores amazónicos; en este caso después del aprovechamiento forestal se aplica el modelo agrícola de corta y quema (RAISG, 2012). En el periodo del 2000 al 2010 se deforestaron 2136 km<sup>2</sup>



generados principalmente por la apertura de nuevas carreteras, el acceso facilita la extracción de madera y la colonización (Martino, 2007). La Amazonia ecuatoriana tiene una densidad de carreteras de 37,5 km/km<sup>2</sup> que es la mayor en toda la amazonia, debido a la apertura de caminos para la explotación de petróleo; la superficie de lotes petroleros es 24.957 km<sup>2</sup> lo que representa el 21 % de la superficie con relación a la superficie Amazónica ecuatoriana (RAISG, 2012).

**Pueblos Indígenas en Asilamiento de la Amazonia Ecuatoriana.** Los Waorani son un pueblo indígena de la Amazonía ecuatoriana. Están caracterizados por una cultura trashumante con hábitos y desplazamientos interfluvial. La caza, la pesca y la recolección son sus actividades básicas para su reproducción social y biológica. Sus prácticas hortícolas son mínimas, aunque tecnológicamente eficientes para el entorno amazónico (Trujillo y Cuesta, 1999). El contacto inicial con los indígenas fue en los años 50 (CIBT, 1997). Los clanes Tagaeri y Taromenane durante la década de los sesenta, rehusaron el contacto en el momento del proceso de pacificación, reubicación y pérdida del territorio padecido por los indígenas Waorani, debido al avance de la frontera petrolera y como huida de la colonización, en la actualidad están en una vulnerable situación de aislamiento (Shelton et al., 2012). Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador citado por Colleoni y Proaño (2010), los pueblos en aislamiento Tagaeri y Taromenane se encuentran asentados en la zona que abarca los ríos Rumiyaku, Tiputini y Curaray, en particular las cuencas de los ríos Tivacuno, Yasuní, Nashiño, Cononaco, Cononaco Chico, Tiwino y Cuchiyaku. Parte de su territorio, es decir, su espacio de asentamiento, desplazamiento y sobrevivencia se encuentra por fuera de la zona intangible, aquella zona que prácticamente no debe ser afectada por ninguna actividad humana, salvo con fines científicos que impliquen bajo impacto, de monitoreo ambiental y de control y de producción (Martín, 1994), dentro de los límites de los bloques petroleros: 16, 17, 14, Campo Armadillo, Campo Tiwino y Campo Cononaco; del parque nacional Yasuní; del territorio legalizado de los Waorani; y en zonas de asentamiento de población colona, cubriendo una superficie aproximada de 75.800 km<sup>2</sup>.

**El Cambio Climático y su impacto sobre los recursos naturales y los pueblos indígenas.** El incremento de la temperatura y la disminución de la humedad del suelo causaría una sustitución gradual de especies, originando pérdidas de diversidad biológica importantes en los bosques tropicales de la Amazonia (IPCC, 2007). La población cuya subsistencia depende directamente del uso de los recursos naturales, será la más afectada por el cambio climático lo que conlleva a un cambio cultural de los pueblos indígenas (Orlove et al. 2002).

## OBJETIVOS

Conocer el funcionamiento de los pueblos en aislamiento Tagaeri – Taromenane en la Amazonia ecuatoriana para mantener su identidad cultural.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para conocer el funcionamiento de los pueblos en aislamiento se ha desarrollado un modelo de simulación de escenarios con la finalidad de predecir su posible contacto con factores externos. Se utilizó el software libre NetLogo versión 5.0.3 (Wilensky, 1999) es un entorno de programación que permite la simulación espacial de fenómenos naturales y sociales a través de tiempo. El área de la simulación fue de 10.000 km<sup>2</sup>, la población estimada de indígenas en aislamiento fue de 1500 individuos y la longitud del área posible de contacto fue de 100 km. De tal forma que cada pixel representa 26 hectáreas. Se simularon cuatro escenarios en base a los siguientes condicionantes (Tabla 1): 1) tasa de nacimiento de los no contactados, 2) disponibilidad de alimento, 3) desarrollo de la vegetación, cada una valoradas con una escala en unidades de 0 a 20, donde 0 nulo y



20 máximo, 4) el valor energético de la alimentación y 5) la energía de la vegetación, para todos las simulaciones se valorizó en 1,5 unidades energéticas para los píxeles que representa una vegetación pobre en alimento y 5 unidades energéticas para los píxeles ricos en alimentos kcal respectivamente, 6) precipitación y 7) temperatura.

**Tabla 1. Escenarios de simulación del pueblo Waorani en la Amazonía de Ecuador.**

Escenarios	Tasa de crecimiento de la vegetación (Unidades energéticas/año)	Disponibilidad de alimento (Unidades energéticas/píxel)	Desarrollo de la vegetación (Unidades)	Valor energético Alimento (Unidades energéticas)	Valor energético Vegetación (Unidades energéticas)	Precipitación	Temperatura
<b>1</b>	20	20	20	1,5	5	3000 mm/año	24 – 26 °C
<b>2</b>	20	10	10	1,5	5	↘	↗
<b>3</b>	10	8	10	1,5	5	↘	↗
<b>4</b>	7	7	14	1,5	5	↘	↘

El escenario 1 recoge la situación ideal en el cual la vegetación presenta un desarrollo saludable y por tanto la disponibilidad de alimentos y su tasa de crecimiento es máxima. El escenario 2 disminuye la disponibilidad de alimentos y el desarrollo de la vegetación a la mitad. El escenario 3 introduce una disminución adicional de la disponibilidad de alimentos y de la tasa de crecimiento. El escenario 4 presenta el máximo deterioro de los factores de crecimiento y disponibilidad de alimentos. Los resultados del modelo se consideran a partir de su estabilización en el tiempo, ya que los primeros años están fuertemente condicionados por la situación inicial. La situación inicial recoge la distribución aleatoria de la población que parte siempre de 500 individuos y de la distribución también aleatoria de la disponibilidad de alimento. La unidad de tiempo considerada en el modelo es el año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las diferentes simulaciones nos permiten establecer que si las condiciones climáticas son normales en la Amazonia la población máxima de indígenas en aislamiento es de 1569 individuos, si disminuye la disponibilidad de alimento y desarrollo vegetal (escenario 2) la población mínima es de 720 individuos, si la cantidad precipitación disminuye a un nivel que generen sequías prolongadas con altas temperaturas (escenario 4), el número de individuos en aislamiento es de 561 y en las mismas condiciones los indígenas contactados es de 70 con relación de los 601 contactados en el escenario 1, (Tabla. 2).

**Tabla 2. Resultados de los escenarios de simulación del pueblo Waorani (Amazonía de Ecuador)**

Escenarios	Población máxima	Población mínima	Número máximo de contactos	Número mínimo de contactos
<b>1</b>	1569	1453	607	443
<b>2</b>	783	720	320	182
<b>3</b>	690	559	248	132
<b>4</b>	561	421	250	70

Bajo las condiciones planteadas para el escenario 3 y 4, la fluctuación en las tasas de nacimiento es más notoria ya que en los escenarios 1 y 2 estas variaciones y número de individuos contactados son menos dispersos. En la Figura. 1 Los datos de los escenarios 1 y 2 presentan una tendencia secular lineal horizontal por sus variaciones continuas y uniformes, en los escenarios 3 y 4 los movimientos son estacionales e irregulares por la variación de los datos ya que estas simulaciones están sujetas a una tasa de crecimiento de la vegetación y la disponibilidad de alimento menor con relación a los escenarios 1 y 2.

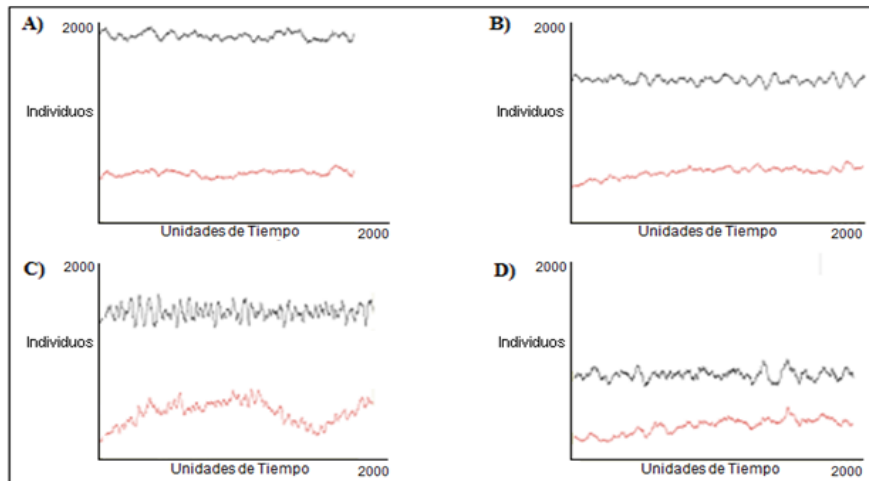


Figura 2. Dinámica de la población en los escenarios de simulación del pueblo Waorani en la Amazonía de Ecuador: Individuos totales (línea negra) e Indígenas Contactados (línea roja). A) Escenario No. 1, B) Escenario No. 2 C), Escenario No. 3 D) Escenario No. 4

## CONCLUSIONES

Los resultados presentados se basan en una simulación teórica; establecen que el incremento de temperatura y descenso de la cantidad de precipitaciones disminuyen la disponibilidad de alimento y el desarrollo de vegetal, poniendo en riesgo a las poblaciones en aislamiento por la pérdida abrupta de los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bass MS, Finer M, Jenkins CN, Kreft H, Cisneros-Heredia DF, et al. (2010) Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park. PLoS ONE 5(1): e8767. doi:10.1371/journal.pone.0008767
- CIBT (Centro de Investigación de los Bosques Tropicales). 1997. Bete quiwiguimano, Salvando el bosque para vivir sano. Ediciones Abaya-Abaya. Ecuador. 18 p.
- Colleoni, P y Proaño, J. (2010). Caminante de la selva - Los pueblos en aislamiento de la Amazonía ecuatoriana. Informe Grupo Internacional de Trabajo sobre Asuntos Indígenas, Ecuador 48p.
- Herz, C. et al. 1995. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales - Fase II - FFTP/FAO, Fase II. En Línea. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5600s/x5600s00.htm#Contents>
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p. En Línea. Disponible en [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Matta, J. R. y Schweitzer, L. (2012). Un nuevo lugar para situar los bosques dentro del sector del desarrollo. *Revista internacional de silvicultura e industria forestales – Unasylva* 63 (239) ,3-7. En Línea. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/i2890s/i2890s.pdf>
- Martino, D. 2007. Deforestación de la Amazonia: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del Sur* 169 Disponible en: <http://www.ambiental.net/opinion/MartinoAmazoniaDeforestacion.pdf>
- Martín, C. 1994. Guía para la elaboración de planes de manejo. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Proyecto de la Conservación de la Biodiversidad. La Paz. Bolivia. 39 p. En Línea. Disponible en: <http://www.des.ucdavis.edu/faculty/orlove/New%20Publications/2002%20American%20Scientist.pdf>
- Orlove, B., Chiang, J., Cane, M. (2002). Ethneclimatology in the Andes, *American Scientist*, 428-435p. Disponible en <http://www.des.ucdavis.edu/faculty/orlove/New%20Publications/2002%20American%20Scientist.pdf>
- RAISG, 2012. Amazonia bajo presión. 68 p. En Línea. Disponible en: [http://raisg.socioambiental.org/system/files/AmazoniaBajoPresion\\_10\\_12\\_12.pdf](http://raisg.socioambiental.org/system/files/AmazoniaBajoPresion_10_12_12.pdf)
- Shelton, D., Vaz, A., Huertas, B., Camacho, C., Bello, L., Colleoni, P., Proaño, J. 2012. Pueblos indígenas en aislamiento voluntario y contacto inicial. Editorial. Parallada. 169 – 198 p.
- Trujillo, P., Cuesta S. 1999. De guerreros a Buenos salvajes modernos. Estudios de dos grupos étnicos en la Amazonía ecuatoriana. Ecuador. 27 p.
- WWF, 2009. Amazon alive. En Línea. Disponible en: [http://awsassets.panda.org/downloads/amazon\\_alive\\_web\\_ready\\_version\\_14sept10\\_final.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/amazon_alive_web_ready_version_14sept10_final.pdf)
- Wilensky, U. 1999. The NetLogo User Manual version 5.0.3 October 25, 2012. En Línea. Disponible en: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>





## Diagnóstico de los sistemas campesinos para desarrollar indicadores que evalúen la sostenibilidad en el municipio de Camotán (Guatemala)

Arnés Prieto, Esperanza

Tutor: Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio

*Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.*

*Correo electrónico: esperanza.arnes@upm.es*

### RESUMEN

La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) sigue siendo la asignatura pendiente en las zonas del corredor seco guatemalteco. El fracaso de los programas destinados a acabar con el hambre de forma pragmática, pone de manifiesto que las causas que impiden que los niveles nutricionales mejoren, trascienden de lo puramente físico y aluden a problemas subyacentes y estructurales. La alta variabilidad climática en la zona es otro factor a tener en cuenta, pero no el único. Por ello el objetivo de este artículo es concretar unos indicadores clave para poder evaluar la sostenibilidad de los sistemas campesinos, no sólo considerando variables directamente relacionadas con los niveles nutricionales de la población, sino también considerando aquellas indirectas que hacen referencia a parámetros sociales, económicos y ambientales. Esto se hizo gracias a la tipificación de los sistemas e identificación de sus puntos críticos por medio del análisis de Diagnósticos Rurales Participativos realizados en 7 caseríos del municipio de Camotán (territorio de etnia Ch'orti'), perteneciente al departamento de Chiquimula, Guatemala.

**Palabras clave:** Seguridad Alimentaria y Nutricional, Diagnóstico Rural Participativo

### INTRODUCCION

En Centroamérica existen 1,9 millones de pequeños productores de granos básicos, de los cuales 941.800 están en Guatemala (Baumeister, 2010) y casi la mitad de estos se ubican en el corredor seco que abarca los departamentos de Sanarate, Progreso, Jalapa, Jutiapa, Zacapa y Chiquimula (ACH, 2010a). A pesar de ese gran número de productores, Guatemala es el único país centroamericano donde se ha registrado un aumento de población subnutrida situándose actualmente en un 22%, cuando a principios de los años 90 era de un 15% (FAO-PESA, 2011). Esto puede asociarse a las importantes hambrunas registradas en 2001 y en 2009, coincidentes con las sequías acaecidas en las zonas del corredor, diciendo poco de las acciones en materia de SAN llevadas a cabo por muchas organizaciones teniendo en cuenta que la hambruna del 2001 supuso el origen del “desarrollismo” en la región Ch'orti' (López et al, 2012).

Según informes de Acción Contra el Hambre, la desnutrición en el corredor seco es estacional y corresponde al periodo de junio a agosto, como consecuencia de las escasas reservas anuales de granos de las familias y la falta de ingresos regulares para poder comprar los alimentos (ACH, 2010b). A estos factores hay que sumarle el marcado efecto que tienen fenómenos meteorológicos como el Niño o la Niña en la zona, provocando periodos críticos de sequía (Yon Bosque, 2011).

Aunque los factores climáticos influyen en los niveles de subnutrición de la población (ACH, 2010a), hay autores que redundan en causas más estructurales como son las cuestiones históricas, la salud del agroecosistema y la articulación económico-política de Guatemala al contexto comercial global (Prado-Córdova, 2011). Por ello, desde un enfoque más holístico, nuestro objetivo se centra en diagnosticar los problemas de fondo de unas comunidades que, aun viviendo en entornos climatológicamente hostiles, pueden

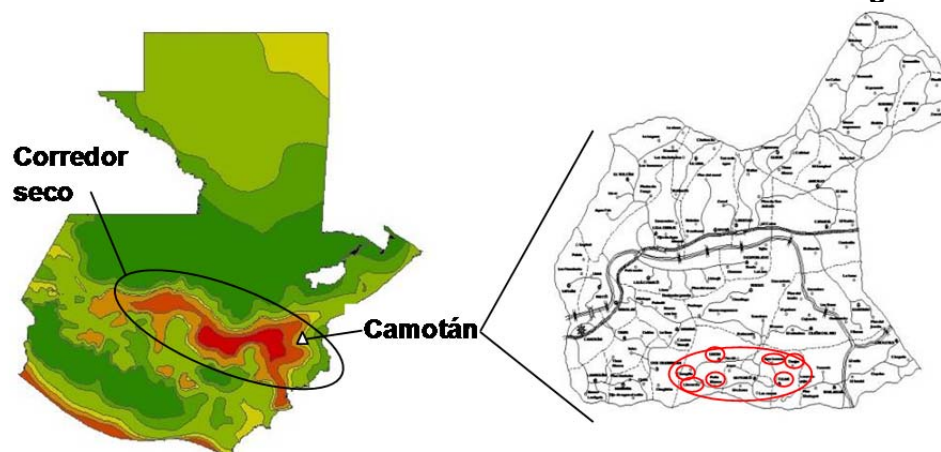


encontrar mecanismos de adaptación que mejoren tanto sus niveles nutricionales como su bienestar socioeconómico, pasando por el restablecimiento de sus recursos naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se sitúa siete caseríos de la microcuenca del Limón. Tular Centro, San Lorenzo y Tinajas ubicados en la comunidad de El Tular, y Limón Timoté, Changüis, Limoncito y Peña Blanca ubicados en la comunidad de El Limón. Este territorio pertenece al corredor seco, situado en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala. (Figura 1)

**Figura 1. Localización de la zona de estudio dentro del corredor seco guatemalteco**



Las características biofísicas del municipio muestran un clima subtropical seco con temperaturas medias que oscilan entre los 22°C en los meses de invierno y 31°C en los de verano y unas precipitaciones que de media alcanzan los 1.525 mm repartidas en cinco meses al año (de mayo a septiembre). La orografía del territorio es irregular, con pronunciadas pendientes que oscilan entre los 960 y los 1.250 msnm (Tarancón Juanas, 2009). El 52,86% de la superficie del municipio posee vocación forestal, un 41,91% para cultivos permanentes o sistemas agroforestales y un 5,23% para sistemas de cultivos intensivos (SINAFIP, 2004). Sin embargo la cobertura forestal es del 21,98% y el 51,94% de esta se califica como bosque ralo en proceso de deterioro ya bien sea por la explotación maderera o por el avance de la frontera agrícola.

La metodología implementada forma parte de la primera fase del MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad) (López-Ridaura et al., 2002). En esta fase se identifican los puntos críticos que hacen peligrar o reforzar la sostenibilidad del sistema y estos han de estar siempre relacionados con los atributos generales. Todo proceso de investigación requiere de un profundo conocimiento de las características del sistema campesino adecuadas a las circunstancias del pequeño productor para identificar las diferentes tipologías existentes (Escobar y Berdegú, 1990). El Diagnóstico Rural Participativo (DRP) es una herramienta que busca obtener información directa o de “campo” en la comunidad y a su vez promover un autodiagnóstico sobre el estado de los recursos naturales y la situación económica y social de la comunidad (Expósito Verdejo, 2003).

Se llevaron a cabo siete DRP, uno para cada uno de los caseríos seleccionados. Cuatro en la comunidad de El Limón, y los otros tres en la comunidad de El Tular. En todos los DRP se llevaron a cabo diez herramientas: Ficha, Mapa e Historia de la comunidad, Estructuras internas, Sociograma, Inventario de ganado, Inventario de cultivos, Caracterización de variedades, Calendario de cultivos y Costes de producción. En el caso de la comunidad del Limón se contó con la presencia de 14 participantes y cuatro técnicos y en El Tular fueron 11 participantes y cuatro técnicos.



## RESULTADOS

De los DRP se extrajeron dos tipos de información: 1) La que tipificaba dos grandes grupos de productores; aquellos que tenían un mejor acceso a recursos (tierra y agroquímicos) y los que tenían mayores dificultades, pero racionaban su uso. 2) La que identificaba los puntos críticos generales relacionados con las actividades económicas, las cuestiones sociales y las carencias ambientales. Estos puntos se concretaron dando lugar a indicadores que podrán ser medidos de forma más sencilla para valorar de forma cuantitativa los niveles de sostenibilidad, pudiendo comparar los dos sistemas (Tabla 1).

**Tabla 1. Derivación de los puntos críticos e indicadores de sostenibilidad para las comunidades del municipio de Camotán (Guatemala).**

Atributos	Puntos Críticos	Indicadores	Área Evaluativa	Fuentes
Productividad	Baja productividad y eficiencia	Rendimiento de Granos	A	Campo
		Tasa Beneficio/Coste*	E	Entrevista
	Baja disponibilidad de tierras de cultivo	Reparto del territorio	S	Entrevista
		Usos del suelo	A y S	Entrevista y campo
	Degradación del suelo y riesgo de deslaves	Balance de nutrientes	A	Campo
		Grado de erosión	A	Campo
Estabilidad	Poca diversidad agrícola	Cobertura forestal	A	Entrevista y SIG
		Nº Especies cultivadas	A y S	Campo
Resiliencia	Alta competencia biológica	Incidencia Potencial de Plagas	A	Campo
		Biomasa malas hierbas	A	Campo
Confiabilidad	Baja capacidad de cambio	Grado de Adopción de Tecnologías	E	Entrevista
		Actividades económicas alternativas	E y S	Entrevista
Adaptabilidad	Altos niveles de desnutrición	Suficiencia Alimentaria	E y S	Campo y F.2ª
		Costes de Producción*	E	Entrevista
Autogestión	Aislamiento físico	Tasa Beneficio/Coste*	E	Entrevista
		Nº Proyectos involucrados	S	Entrevista
	Alta dependencia exterior	Mercados locales disponibles	E	Campo
		Dependencia de insumos externos	S	Entrevista
		Costes de Producción*	E	Entrevista
		Grado de Organización social	S	Entrevista
		Oscilación de precios	E	Entrevista y F.2ª

A, Ambiental; E, Económica; S, Social. F.2ª: Fuentes secundarias.

(\*) Indicador repetido, a la hora de cuantificar sólo se considerará una vez

La baja productividad y eficiencia se identificó gracias a las herramientas de inventario de cultivos, caracterización de variedades y costes de producción ya que se estimaban tanto cifras de rendimientos como de costes de producción. Tanto la baja disponibilidad de tierras de cultivo como la degradación del suelo, se identificó a través de la ficha, del mapa y de la historia de la comunidad, donde los participantes argumentaban los efectos del aumento de población, el inequitativo reparto del territorio, las características edáficas y orográficas y el mal manejo de los recursos naturales por parte de ciertos productores. La escasa diversidad agrícola se vio claramente reflejada al realizar la caracterización de



variedades y el inventario de cultivos y la alta competencia biológica se contempló cuando los productores detallaban las labores agrícolas del calendario de cultivos, insistiendo en la eliminación de plagas y de algunas malas hierbas que en determinadas fases del cultivo suponían un serio nivel de competencia. La baja capacidad de cambio se identificó por la ficha de la comunidad y por los costes de producción. Los niveles de desnutrición se asociaron al inventario de cultivos, de ganado y al sociograma, ya que ningún caserío señaló a ninguna organización que hubiera llevado a cabo proyectos de SAN, importante para ellos. El aislamiento físico se consideró gracias a la ficha y al mapa de la comunidad, al sociograma, y a los costes de producción. Y por último, la alta dependencia del exterior se identificó con las estructuras internas, con los costes de producción, con la caracterización de variedades, y con la historia de la comunidad.

## CONCLUSIONES

La imposibilidad de reducir los niveles de subnutrición en la zona de estudio, demuestra que la desnutrición perdura debido a problemas estructurales difíciles de diagnosticar y relacionados con la sostenibilidad de cualquier sistema. La correcta identificación de la problemática en un contexto campesino, pasa por establecer una metodología coherente, participativa e integral. El DRP es una herramienta adaptada a contextos agrícolas, que ayuda a diagnosticar puntos críticos pudiendo concretarse en indicadores fácilmente medibles, y realizar una evaluación de la sostenibilidad completa y multidimensional.

## AGRADECIMIENTOS

A la UPM por la concesión de la beca de PIF. A Alicia Merino y a Luis Laparra por su colaboración en el DRP.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACH, 2010a. Situación Alimentaria y Nutricional en el corredor seco de Centroamérica. Análisis de casos en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Madrid. Consultado el 14 de marzo de 2013. Disponible en: [http://www.accioncontraelhambre.org/files/file/informes/Corredor\\_Seco.pdf](http://www.accioncontraelhambre.org/files/file/informes/Corredor_Seco.pdf)
- ACH, 2010b. La estacionalidad de la desnutrición en el corredor Seco de Guatemala. Quinto informe de seguimiento. Guatemala. Consultado el 12 de marzo de 2013. Disponible en: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/6B2D6594266B97C4852577D50070A119-Informe\\_completo.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/6B2D6594266B97C4852577D50070A119-Informe_completo.pdf)
- Baumeister, E., 2010. Pequeños productores de granos básicos en América Central. Cuantificación, caracterización, nivel de ingresos, pobreza, y perfiles demográficos, socioeconómicos y ocupacionales. FAO-RUTA. Honduras. Consultado el 10 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.ruta.org/biblioteca.php?rutahandle=747>
- Escobar, G., Berdegú, J., 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Santiago de Chile, pp 284.
- Expósito Verdejo, M., 2003. Diagnóstico Rural Participativo. Una guía práctica. Ed. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo, pp 118.
- FAO-PESA, 2011. Centroamérica en Cifras. Datos de Seguridad Alimentaria Nutricional y Agricultura Familiar. Guatemala. Consultado el 12 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/centroamerica-en-cifras-datos-de-seguridad-alimentaria-nutricional-y-agricultura-familiar/>
- López, J., Arriola Monasterio, C., Francesh Díaz, A., Mariano Juárez, L., Nufio Mansilla, E., 2012. Valoraciones locales/retos globales de la cooperación. Estudio de caso en Guatemala para comparar donantes y de receptores. Avances de Investigación N°74. Fundación Carolina. Madrid, pp 104.
- López-Ridaura, S., Masera, O., Astier, M., 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems, the MESMIS framework. Ecological Indicators 35: 135–148.
- Prado-Córdova, J.P., 2011. El sustrato de la perpetuación del hambre en Guatemala. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 1: 10.
- SINAFIP, 2004. Caracterización y diagnóstico biofísico y socioeconómico. Estudio de factibilidad y diseño final para ordenamiento y plan de manejo integrado del área de la cuenca del Río Grande comprendida entre los municipios de Jocotán, Camotán, San Juan Ermita y Olopa, departamento de Chiquimula. Ed. Segeplan. Guatemala, pp 422.
- Tarancón Juanas, M., 2009. Evaluación comparativa de metodologías de programas de Seguridad Alimentaria y Nutricional en la región C'horti' de Guatemala. Trabajo Fin de Carrera. UPM.
- Yon Bosque, L., 2011. Climate Change and the protection of Guatemalan marine-coastal Ecosystems. National University of Ireland. Division for Ocean affairs and the Law of the Sea (UN). Nippon Foundation. New York, pp 151.



## SAR: Aplicaciones en agricultura

Villa Rodríguez, Fernando<sup>2</sup>

Tutores: Diezma, Belén<sup>1</sup>; Valero, Constantino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Rural. Facultad ETSI Agrónomos Universidad: UPM

<sup>2</sup>Departamento de Infraestructura de Sistemas Aeroespaciales. Facultad de EUITA. Universidad UPM  
Correo electrónico: f.villa@alumnos.upm.es

### RESUMEN

Se pretende hacer una descripción de este sistema de captación de imágenes que cada vez se va desarrollando más con el paso del tiempo. Se hará una descripción de dicho radar de apertura sintética, poniendo algún ejemplo de captación y codificación de imágenes.

Por último destacaremos varias aplicaciones que SAR nos ofrece como por ejemplo en labores de agricultura.

**Palabras clave:** *Synthetic aperture radar, Matlab*

### INTRODUCCION

Un **Radar de Apertura Sintética** (acrónimo SAR, del inglés *Synthetic Aperture Radar*) es un tipo de sistema radar. Consiste en procesar mediante algoritmos la información capturada por la antena del radar. Este procesado busca combinar la información obtenida en varios barridos de la antena para recrear un solo "barrido virtual". Al final el sistema radar proporciona el mismo rendimiento que daría si estuviese equipado con una antena mucho más grande y directiva que la que tiene en realidad. Su uso se limitaba, en su creación, a casos en los que el radar estaba en movimiento y los blancos relativamente inmóviles (aviones).

En una aplicación SAR típica se acopla una antena de radar en un lateral del fuselaje de una aeronave. Debido a los fenómenos de difracción. Para obtener un haz de radiación estrecho se necesitaría una antena muy grande, que evidentemente no puede ser instalada en un avión. Por tanto, los pulsos emitidos por el radar del avión serán anchos. El sistema se configura de tal manera que el pulso sea ancho en la dirección vertical: típicamente iluminará el terreno desde inmediatamente debajo del avión hasta el horizonte.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Si el terreno es aproximadamente plano, el tiempo que tardan en llegar los diferentes ecos permite distinguir puntos del terreno situados a diferentes distancias en la línea de trayectoria de la nave: si el eco tarda " $t$ " segundos en volver a la antena, sabremos que ha sido reflejado por un punto situado aproximadamente a una distancia  $r$  [Ec. 1], donde " $c$ " es la velocidad de la luz.

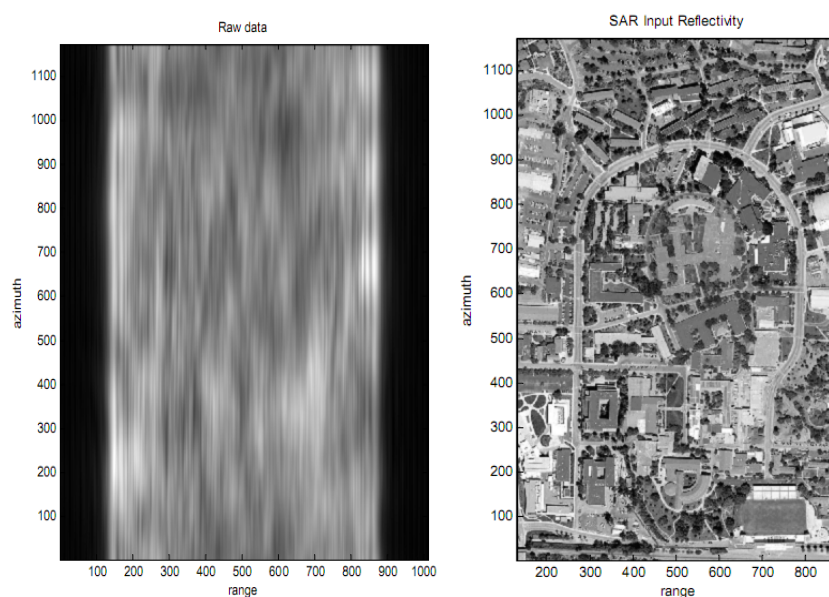
$$r = \frac{c \cdot t}{2} \quad [\text{Ecuación 1}]$$



Distinguir puntos a lo largo de la trayectoria del avión es difícil con una antena pequeña. Sin embargo, si se va guardando información de amplitud y fase de cada señal reflejada en un determinado punto del terreno y la nave va emitiendo una ráfaga de pulsos a medida que avanza, entonces será posible combinar los resultados de dichos pulsos (Martín, 2012). En resumen: una antena pequeña emite una serie de pulsos consecutivos, recibe una serie de ecos y los combina de modo que parezca que es una sola observación (simultánea) de una antena grande. Se ha creado una "apertura sintética" mucho más grande que la longitud real de la antena y de hecho mucho más grande que el propio avión. Combinar las series de observaciones es computacionalmente muy costoso. Normalmente no se hace a bordo del avión, sino que las observaciones se mandan a estaciones terrestres y allí se combinan usando técnicas basadas en transformadas de Fourier. El resultado es un "mapa de reflectividad radar". De cada punto del terreno se sabrá cómo distorsiona la amplitud y la fase del pulso. En las aplicaciones más simples la información de fase se desecha. A partir de la información de amplitud se pueden extraer multitud de datos sobre la superficie. Estos mapas no son fáciles de interpretar. En la actualidad se está recopilando información experimental resultado de sobrevolar con vuelos de prueba terrenos ya conocidos. Antes de que hubiese ordenadores rápidos, el post-procesado se hacía usando técnicas holográficas.

Unos de los programas que se utilizan para la decodificación de los ecos provenientes en el radar de apertura sintética (SAR) es Matlab (Matlab, 2013) que da un lenguaje de alto nivel y un entorno interactivo para el cálculo numérico, la visualización y la programación. Mediante Matlab, es posible analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos o aplicaciones. Primariamente se recibe una señal en bruto [Ilustración 1]. Con esa señal deberemos decodificarla en fase y amplitud. Cada pixel de señal contiene una fase y una amplitud dadas. Matlab lo codifica en una gama de colores, en este caso escala de grises, dándonos una imagen nítida del lugar estudiado (Mason y Ryan, 2009)

**Ilustración 1. Señal SAR en bruto (izq.) y codificada (dcha.)**



Fuente: Shoalehvar, 2012



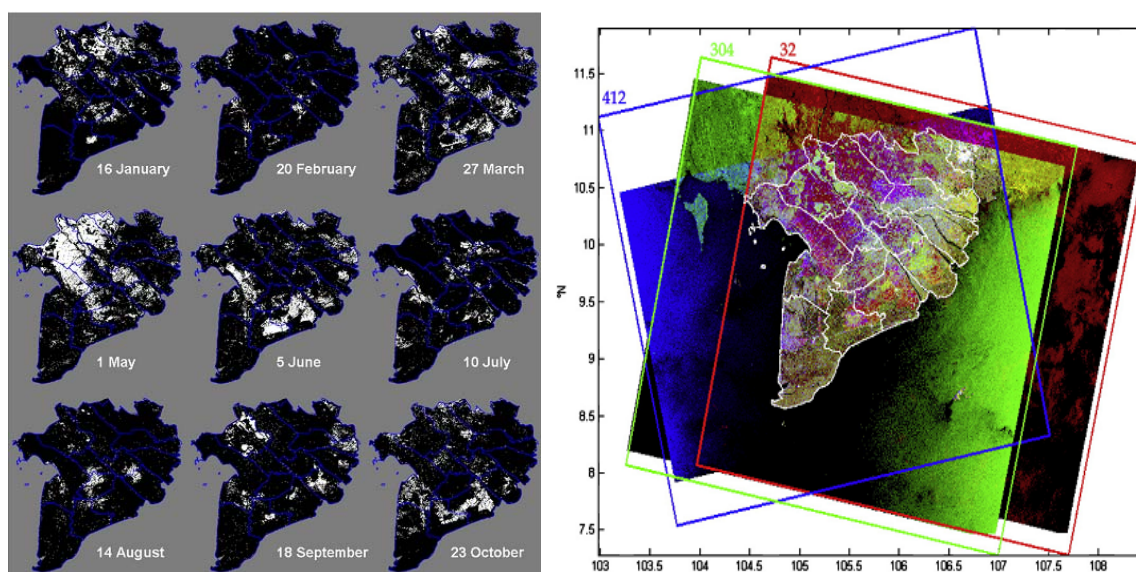


## APLICACIONES EN AGRICULTURA

SAR no solo da servicio en aeronáutica, sino que se extrapola también a otros ámbitos como la hidrología haciendo un estudio sobre los recursos hídricos de una cuenca así como valores de humedad determinándolos gracias a los ángulos de incidencia determinados de pulso radar (Medina et al., 2010). Dependiendo de cómo nos llegue el eco, es decir, de cómo nos llegue la fase, amplitud, grados de inclinación y tipo de polarización se pueden obtener niveles de densidad de vegetación, controlando así el cultivo y/o la biomasa existente en ese lugar.

De hecho en los campos de arroz del Mekong en Vietnam [Ilustración 2] se han mapeado durante los diferentes estaciones con una resolución del 81% de calidad con respecto a los mapas reales de la zona, validando así su funcionamiento (Bouvet y Le Toan, 2011). Otra de las aplicaciones de SAR actualmente se emplea para discriminar y caracterizar los bosques de los manglares de los Sundarbans (Kumar y Patnaik, 2013), en la región del Valle de Bengal, a través de haces multi-temporales con datos adquiridos durante invierno y la temporada de lluvias.

**Ilustración 2. Campos de arroz del Mekong. Izq.: evolución estacional; dcha.: resolución obtenida con filtros radares**



Fuente: Bouvet y Le Toan, 2011

## VENTAJAS E INCOVENIENTES

Las ventajas que SAR se ofrece por sí mismo son notables. Para empezar, este radar se implementa en vehículos no tripulados o “drones”, los cuales, se están desarrollando de forma exponencial y que permiten reducir a cero el coste de vidas si se produce algún accidente aéreo durante la captación de imágenes, sobre todo si se sobrevuela territorio conflictivo. SAR permite actuar en cualquier tipo de estado meteorológico (da igual que llueva o haga viento), lo cual nos da una importante disponibilidad a la hora de hacer operaciones. SAR está actualmente en desarrollo a pesar de que lleva un cuarto de siglo en acción, con ello se puede perfeccionar su sistema y expandir su uso pudiendo crear puestos de trabajo en diferentes campos (ingeniería, I+D+i).



Uno de los inconvenientes sustanciales de este radar es que, si sumamos, la cantidad de datos, se necesita un tiempo mayor que otros sistemas a la hora de decodificar los datos, por ello, es conveniente seguir desarrollando sistemas capaces de hacer ese trabajo en menor tiempo.

## CONCLUSIONES

El radar de apertura sintética nos muestra un avance tecnológico provechoso a la hora de captación de estructuras y lugares. Para el ámbito de la agricultura, se beneficia de la obtención de regiones con gran calidad y realismo tanto en 2D como en 3D. Además se puede dilucidar gracias al eco de fase y amplitud, los diferentes materiales que existen en el suelo. Al ser un sistema que está en desarrollo, podemos perfeccionarlo cada vez dotándonos de una tecnología superior.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi profesor Agustín Martín por abrirme las puertas a este mundo fascinante y también a los profesores Belén Diezma y Constantino Valero por ayudarme tan gratamente en la elaboración de este texto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agustin Martin S. Curso de Radar y ayudas en ETSIA (15/02/2012)  
Matlab <http://es.wikipedia.org/wiki/Simulink> (Ultimo acceso 14/03/2013)  
Mason, P.R.. MATLAB Simulation of Two-Dimensional SAR Imaging By Range Doppler Algorithm. Tesis. California Polytechnic State University San Luis Obispo, California  
Medina C., Gomez-Enri J., Alonso J.J., Villares P. 2010. Water volumen variations in Lake Izabal (Guatemala) from in-situ measurements and ENVISAT Radar Altimeter (RA-2) and Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) data products. Journal-of-Hydrology, 382: 34-48  
Bouvet A., Le Toan T. 2011. Use of ENVISAT/SAR wide-swath data for timely rice fields mapping in the Mekong River Delta. Remote-Sensing-of-Environment, 115:1090-1101  
Kumar T., Patnaik C. 2013. Discrimination of mangrove forests and characteritazion of adjoining ladn cover classes using temporal C-band Synthetic Aperture Radar data; A case study of Sundarbans. International-Journal-of-Applied-Earth-Observation-and-Geoinformation, 23: 109-131  
Shoalehvar A. 2012: Synthetic Aperture Radar (SAR) Raw Signal Simulation. Tesis California Polytechnic State University San Luis Obispo, California



## **SESIÓN C4**





## Flor de levaduras: análisis morfológico del crecimiento en medio sólido

Gil de Prado, Elena<sup>1</sup>; Rivas, Eva M<sup>a1</sup>

Tutores: Barreiro, Pilar<sup>2</sup>; Peinado, José M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Microbiología III. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. CEI-Moncloa.

<sup>2</sup>Dpto. de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. CEI-Moncloa.  
Correo electrónico: elena.gil@ucm.es

### RESUMEN

La contaminación con levaduras es un factor muy relevante en el detrimento de la calidad de algunos alimentos. Cuando las levaduras se desarrollan en medio sólido lo hacen en forma de colonias superficiales. El análisis de imagen es una técnica idónea para el análisis objetivo de las diferencias morfológicas que se observan durante el crecimiento de las levaduras en medio sólido. En este trabajo se escogen los parámetros matemáticos que permitan establecer un procedimiento cuantitativo capaz de caracterizar el tránsito de una morfología circular a otra lobulada, programándolos empleando como base las librerías de análisis de imagen Matlab. El procedimiento propuesto se valida con un amplio diseño experimental: periodo de crecimiento y número de colonias por placa.

**Palabras clave:** Levaduras, Crecimiento colonial, Modelos cuantitativos

### INTRODUCCION

El crecimiento superficial de levaduras en los alimentos sólidos, que provocan su deterioro, se realiza por medio de la formación de colonias, ya que las levaduras son células inmóviles (Wilson et al., 2002; Pipe y Grimson, 2008). La cuantificación de su crecimiento para poder elaborar modelos predictivos del riesgo de deterioro puede efectuarse mediante análisis de imagen (Rivas et al., 2012). Esta es una técnica idónea para el análisis objetivo, cuantitativo, del crecimiento y de las diferencias morfológicas que se puedan ir produciendo en las colonias a lo largo del tiempo. En este trabajo se definen nuevas características de la colonia que deben ser estudiadas y se escogen los parámetros matemáticos que permitan cuantificarlas, programándolos en un entorno de cálculo científico como es Matlab, y empleando como base las librerías de análisis de imagen que este entorno aporta. Las características escogidas han sido: 1) el área máxima que pueden alcanzar las colonias, por su proporcionalidad con el número de células que las componen, cuyo metabolismo dará origen al deterioro y 2) la complejidad de la morfología de la colonia ya que está relacionada con respuestas celulares a cambios ambientales (Vopálenská et al., 2005; Granek y Magwene, 2010). En este trabajo mostramos la validez de los parámetros escogidos para describir cuantitativamente los cambios de tamaño y morfología de las colonias de un grupo diverso de levaduras.

### MATERIAL Y MÉTODOS

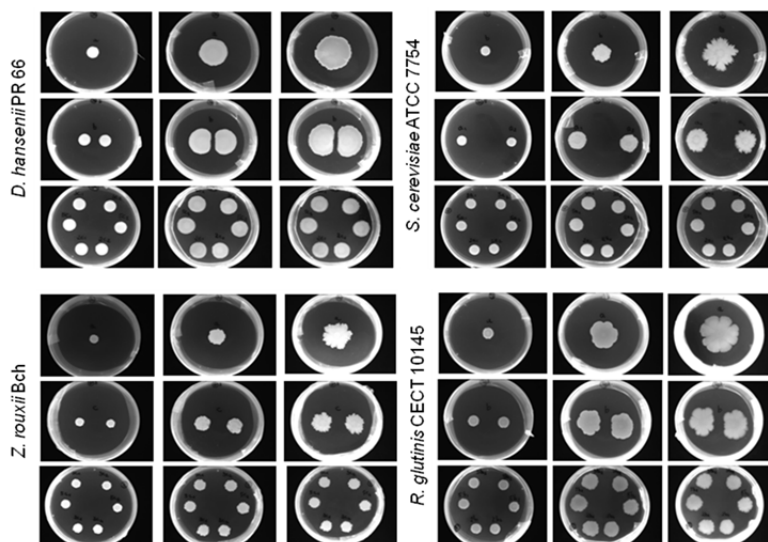
En este trabajo se han utilizado 4 cepas de levaduras pertenecientes a diferentes especies aisladas comúnmente en alimentos deteriorados: *Rodothorula glutinis* CECT 10145, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 7754, *Debaryomyces hansenii* PR66 y *Zygosaccharomyces rouxii* Bch. Las cepas se inocularon en matraces de 250 ml de capacidad que contenían 100 ml de medio YMB. Tras su incubación durante 18 h a 28°C con agitación (120 rpm) se diluyeron en suero salino para obtener inóculos de 10<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias (UFC) contenidas en gotas de 10 µl que se depositaron en puntos previamente señalados de placas de Petri de 8.5 cm de diámetro que contenían 15 ml de un medio de cultivo general de levaduras, YMA (Yeast



*Morphology Agar*, glucosa 1%, proteosa de peptona nº3 0.5%, extracto de levadura 0.3%, extracto de malta 0.3% y agar 2%). En cada placa se inocularon de 1 a 6 colonias separadas convenientemente. Para evitar la desecación, se sellaron las placas con parafilm y posteriormente se incubaron a 28°C durante 116 días.

Durante la incubación, se realizaron de forma periódica fotografías digitales en escala de grises con el capturador y analizador de imágenes Vilber Lourmat, a las diferentes colonias pertenecientes a las cuatro especies (Imagen 1). Una regla fue utilizada para convertir la escala de píxeles a milímetros.

**Imagen 1. Seguimiento temporal del crecimiento de las cuatro cepas de levaduras. Las imágenes corresponden a 4, 21 y 116 días de incubación.**



Las fotografías fueron analizadas empleando unas rutinas específicamente desarrolladas al efecto, basadas en la librería de análisis de imagen de Matlab R2010a. De manera resumida, el procedimiento consiste en la segmentación automática de la imagen empleando el método Otsu (maximiza la varianza entre grupos y minimiza la varianza dentro de los grupos). Posteriormente se identifica el número de colonias en la imagen y se solicita al usuario que seleccione mediante un interfaz gráfico las colonias a caracterizar. Sobre ellas, las rutinas tipifican en primer término: área, perímetro, centro de gravedad, eje mayor, eje menor y radio equivalente. Además se calcula para todos los puntos del perímetro la distancia al centro de gravedad registrando el valor máximo y mínimo que no tiene por qué coincidir con los semiejes, tal y como se intuye en la Imagen 1. La complejidad morfológica de la colonia se establece con dos parámetros: la razón entre el perímetro real y el equivalente (diámetro del círculo con área equivalente), a la que llamamos coeficiente de circularidad y la variación relativa de los radios de la colonia, que es igual a la diferencia entre el radio mayor (RM) y el menor (Rm) dividido por el radio equivalente (Req), multiplicada por 100 para expresarla en porcentaje, a la que hemos llamado coeficiente de complejidad perimetral. El algoritmo incluye una rutina que permite cuantificar la escala del campo de visión, de manera que los valores extraídos se expresen en unidades métricas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

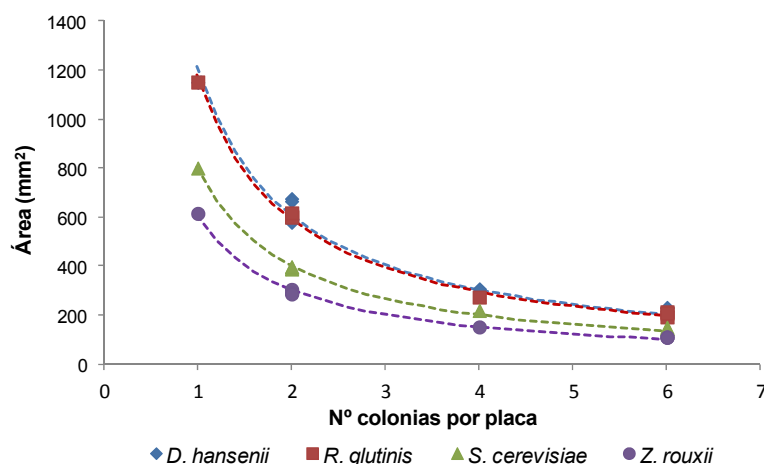
### Evolución morfológica de las colonias de levaduras creciendo sobre superficies sólidas

Las colonias de levaduras creciendo sobre medios sólidos empiezan a ser visibles cuando el número de células presentes alcanza valores superiores a  $10^5$  ó  $10^6$  según las especies (Rivas et al., 2013), lo que ocurre en nuestras condiciones experimentales



(medio rico en nutrientes y actividad de agua cercana a la unidad), 24 horas después de la inoculación. Las colonias pueden crecer durante largos periodos de tiempo (meses), cambiando de aspecto hacia formas cada vez más complejas. Los primeros días son circulares, con borde liso y textura homogénea. Con el paso del tiempo los bordes se lobulan y se va perdiendo homogeneidad. Ésta parece ser una característica general de las levaduras ya que se verifica en cuatro géneros diferentes desde el punto de vista de su filogenia: capacidades metabólicas y hábitat. La Imagen 1 muestra el aspecto inicial y tras tres meses de incubación, de colonias pertenecientes a los cuatro géneros citados. Aunque se puede observar la irregularidad de los bordes y la heterogeneidad de la textura en todos los casos, es obvio que este proceso se da con una intensidad diferente en cada género.

**Figura 1. Correlación entre el área máxima y el número de colonias por placa para las 4 especies de levaduras.**



#### **Relación del área final de las colonias con la cantidad de fuente de energía disponible**

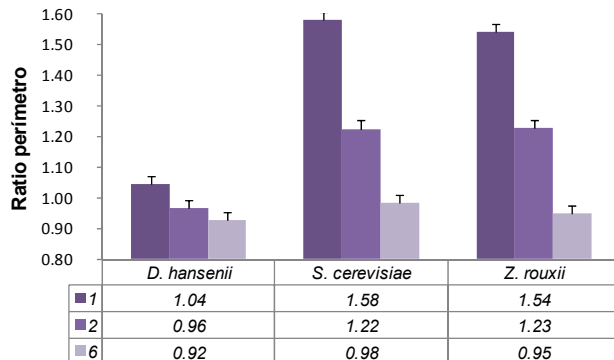
Las levaduras son microorganismos heterótrofos y quimiosintéticos, cuyo crecimiento está limitado por la disponibilidad del sustrato y fuente de energía, que en nuestro caso es la glucosa ( $S_0$ ). Además, en un estudio previo hemos demostrado que el área de la colonia es directamente proporcional a la biomasa que la constituye:  $\text{Área} = Y_{A/S} \cdot S$  (Ec. 1) (Rivas et al., 2013). Si admitimos que la glucosa está homogéneamente distribuida en el medio, de forma que todas las colonias tienen el mismo acceso a ella, el área final de cada colonia dependerá del número de colonias ( $n$ ) que haya por placa:  $\text{Área}(n) = Y_{A/S} \cdot S_0/n$  (Ec. 2). La Figura 1 confirma esta hipótesis en los cuatro géneros estudiados, es decir, en el medio sólido con 2% de agar que hemos empleado, la glucosa es igualmente accesible a todas las colonias, ya que el modelo (Ec. 2, líneas discontinuas en Figura 1) basado en esta hipótesis, muestra un excelente ajuste a los datos experimentales.

#### **Relación entre el tamaño de la colonia y su complejidad morfológica**

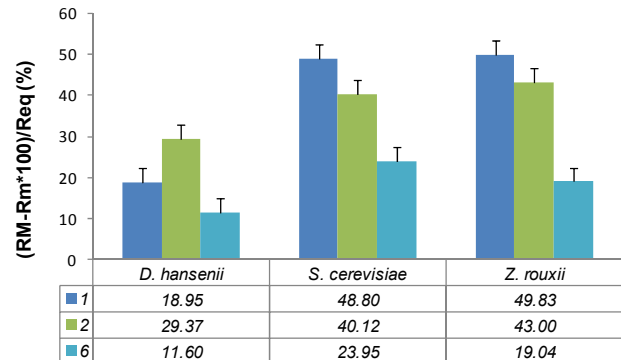
Como muestra la Imagen 1, en las levaduras estudiadas se puede observar un aumento en la complejidad morfológica de la colonia aunque de diferente magnitud en cada especie. Cuando medimos este aumento con lo que hemos llamado coeficiente de circularidad, que equivale al cociente entre el perímetro real, medido por el análisis de imagen y el perímetro del círculo equivalente, obtuvimos los datos que muestra la Figura 2. Según la definición del parámetro, una colonia perfectamente circular tiene un coeficiente igual a 1. Se puede medir un aumento de la complejidad que es especialmente significativo en las especies fermentativas, *S. cerevisiae* y *Z. rouxii* (Barnett et al., 1990) en el que el perímetro llega a ser más de un 50% mayor de lo que sería en una colonia circular, aspecto visualmente apreciable en la Imagen 1.



**Figura 2. Coeficiente de circularidad en las especies de levaduras estudiadas en función del número de colonias por placa.**



**Figura 3. Coeficiente de complejidad perimetral en las especies de levaduras estudiadas en función del número de colonias por placa.**



Los resultados correspondientes al coeficiente de complejidad perimetral se muestran en la Figura 3 y ofrecen un resultado ligeramente diferente al anterior. Se puede medir el aumento de la complejidad en *S. cerevisiae* y *Z. rouxii*, pero no en *D. hansenii*. En esta especie, la variabilidad relativa de los radios disminuiría al final del crecimiento, tras haber aumentado. Hay varias razones que podrían explicar este comportamiento, como la intercomunicación entre colonias vecinas que provocan formas arriñonadas (cuando hay 2, ver Imagen 1) (Palková et al., 1997; Váchová y Palková, 2011) o el crecimiento a través de grietas previas en la colonia. En cualquier caso, podemos concluir que ambos parámetros no miden exactamente lo mismo y habrá que realizar más experimentos para definir qué condiciones ambientales influyen en cada uno de ellos.

## CONCLUSIONES

El análisis de imagen es una herramienta idónea para cuantificar las diferencias morfológicas en el crecimiento de colonias de levadura en medio sólido. El acceso al sustrato nutritivo tiene un efecto constatable en el nivel de desarrollo y complejidad de la colonia, siendo este último además característico para cada especie. Dada la relevancia de la morfología, en un futuro se propone el análisis de las curvas perimetrales mediante una variedad de métodos numéricos como la transformada rápida de Fourier.

## AGRADECIMIENTOS

Financiado por el proyecto GR35/10A (Santander-Central Hispano-UCM) y las becas de investigación FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y PICATA del Campus de Excelencia Internacional. A María Isabel de Silóniz del grupo de Hongos y Levaduras de Interés en Agroalimentación (UCM) y a Belén Diezma del grupo LPF-Tagralia (UPM), por su colaboración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barnett J.A., Payne R.W., Yarrow D. 1990. Cambridge Univ. Press, Cambridge
- Granek J.A., Magwene P.M. 2010. PLoS Genet., 6: doi: 10.1371/journal.pgen.1000823.
- Palková Z., Janderová B., Gabriel J., Zikánová B., Pospíšek M., Forstová J. 1997. Nature., 390: 532-536.
- Pipe L.Z., Grimson M.J. 2008. Mol BioSyst., 4: 192-198.
- Rivas E.M., Gil E., Melado A., Peinado J., Barreiro P. 2012. V Congreso de Estudiantes Universitarios de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica. Madrid, España, pp: 153-156.
- Rivas E.M., Gil de Prado E., Wrent P., de Silóniz M.I., Barreiro P., Correa E.C., Peinado J.M. 2013. Microbiology (Enviada).
- Váchová L., Palková Z. 2011. Biochem Soc Trans., 39: 1471-1475.
- Vopálenská I., Hulková M., Janderová B., Palková, Z. 2005. Microbiology., 156: 921-931.
- Wilson P.D.G., Brocklehurst T.F., Arino S., Thuault D., Jakobsen M., Lange M., Farkas J., Wimpenny J.W.T., Van Impe J.F. 2002. Int J Food Microbiol., 73: 275-289.



## Fisiología de la reproducción en la coneja: análisis de parámetros productivos

Bermúdez de la Puente Rodríguez, Miriam

Tutor: Rebollar, Pilar G.

*Departamento de Producción Animal. E.T.S.I. Agrónomos Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: m.bermudezdelapuerta@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

Parámetros reproductivos como la fertilidad y la prolificidad, así como el índice de crecimiento de las camadas, la eficiencia de la lactación o el índice de mortalidad durante la misma son factores importantes a la hora de definir la productividad potencial de una explotación cunícola. El presente trabajo de prácticas, realizado para la asignatura de tercer curso de la especialidad de Producción Animal “Fisiología de la reproducción y de la lactación y puesta”, consistió en el seguimiento y análisis de los datos productivos de 12 conejas de la misma edad y línea genética inseminadas artificialmente con el semen de dos machos distintos, estudiando la fertilidad, la prolificidad y el crecimiento de las camadas, con el fin de confirmar el efecto que determinados factores tienen sobre los parámetros reproductivos mencionados anteriormente y, por tanto, sobre la producción.

**Palabras clave:** *Productividad, Lactación, Coneja*

### INTRODUCCIÓN

La productividad de un macho está determinada básicamente por la cantidad y calidad del semen que produce. En conejos, la mayoría de los estudios relacionados con calidad del semen y fertilidad sólo consideran la concentración del esperma o su motilidad como principales factores a tener en cuenta (García-Tomás et al., 2006).

Por su parte, las conejas son hembras polítopas, es decir, que gestan simultáneamente varios fetos a la vez durante un periodo de 31-32 días. El tamaño de su camada está limitado por la tasa de ovulación y/o la supervivencia prenatal. Uno de los factores clave en la supervivencia prenatal es la capacidad del útero: un aumento en el número de embriones implantados disminuye el espacio disponible por feto, lo cual está asociado con una menor supervivencia fetal (Argente et al., 2008).

En cuanto a la velocidad de crecimiento post-natal y pre-destete de los gazapos, está afectada por: la capacidad de producción de leche (PL) de la madre que los amamanta en intervalos de 16,5 a 20,5 horas al día (Hoy, 2000), sometida a un importante esfuerzo metabólico, por factores medioambientales y, sobre todo, por el tamaño de la camada, que influye sobremanera en la eficiencia de la lactación.

El objetivo de esta práctica fue someter a un grupo de conejas a un manejo reproductivo similar al de las granjas comerciales, estudiando los parámetros productivos de las mismas (fertilidad, prolificidad, producción y consumo de leche, mortalidad y ganancia media diaria de los gazapos), así como los factores que pueden modificarlos.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se realizó los meses de abril y mayo de 2012 en la granja experimental de la E.T.S.I. Agrónomos de la UPM, que dispone de iluminación artificial controlada (16 HL-8HO), sistema de ventilación y control de la temperatura (18-22°C). Para esta práctica se utilizaron 6 machos y 12 hembras “California” x Neozelandés blanco”, todos ellos adultos y que ya habían sido probados como reproductores previamente. De los machos, se obtuvo un eyaculado, mediante una vagina artificial y una coneja utilizada como “maniquí”. Las muestras de semen se conservaron a 37°C, protegiéndolas de los cambios bruscos de temperatura y de la luz. De todas ellas, se realizó un examen macroscópico valorando objetivamente parámetros tales como: volumen, color (revela



presencia de sangre, orina o heces), opacidad, cantidad (ml) y presencia o no de gel. Tras retirarles el gel (si lo tuvieran), realizamos una valoración microscópica para evaluar la motilidad masal (proporción de espermatozoides móviles en la muestra observada a 100 aumentos) determinando de forma subjetiva una escala de 0 a 5, según la proporción de espermatozoides con movimiento (0, 20, 40, 60, 80 ó 100%, respectivamente) (Alvariño, 1993). Finalmente, utilizamos dos eyaculados, uno con una motilidad de 4 (macho 1) y otra de 5 (macho 2). Con estos dos eyaculados se efectuaron diluciones 1:10 en un diluyente comercial para semen de conejo (Cudil, Lab. Magapor), asegurándonos que por dosis seminal (0,5 ml) se sobrepasaran los 25 millones de espermatozoides.

Con las 12 hembras se hicieron dos grupos que se inseminaron con las dosis obtenidas del macho 1 (n=7) y del macho 2 (n=5), respectivamente. Para ello se emplearon catéteres individuales y se depositó la dosis (0,5 ml de semen diluido) en posición vaginal profunda. Inmediatamente después se les inyectó 20 µg de un análogo sintético de GnRH (Inducel-GnRH. Lab. Ovejero) para inducir la ovulación, vía intramuscular. Días antes del parto se colocaron nidos anejos a las jaulas de las hembras gestantes (palpadas previamente) en los que se introdujo serrín.

Después del parto, se comprobó el número de nacidos vivos y muertos. Se pesaron todos los gazapos con 2-3 días de vida, y se asignó a cada coneja una categoría en función de su tamaño de camada obteniendo la siguiente clasificación "A": con 5-6 gazapos (n=2), "B": con 7-8 gazapos (n=3) y "C": con 10-12 gazapos (n=5). La pesada de los gazapos de cada camada se repitió durante cuatro semanas consecutivas, una vez por semana.

La segunda semana, cuando los gazapos tenían aproximadamente 9-10 días de edad, se midió la PL de las conejas. Para ello, se cerró el nido a última hora de la mañana y al día siguiente se pesaron los gazapos dos veces: una antes y otra después de mamar obteniendo, por diferencia de pesadas, el peso de leche ingerido por cada gazapo. Además, se cronometró el tiempo que tardaron en mamar. La suma de los pesos de leche ingeridos por los gazapos pertenecientes a la misma camada nos dio la producción de leche de la coneja. Durante las cuatro semanas se llevó un registro de gazapos muertos en cada camada.

Al final de la lactación, se calcularon la mortalidad y la ganancia media diaria (GMD) durante este periodo, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$M_L = [(N_V - N_D) / N_V] \times 100$$

$$GMD_L = [(\sum P_D / N_D) - (\sum P_N / N_V)] / L$$

Donde  $M_L$  es el porcentaje de mortalidad durante la lactancia,  $N_V$  el número de gazapos nacidos vivos,  $N_D$  el número de gazapos destetados,  $GMD_L$  la ganancia media diaria en peso (g/día),  $P_D$  los pesos individuales (g) de los gazapos destetados,  $P_N$  los pesos individuales (g) al nacimiento y  $L$  la duración de la lactancia en días. También se calculó la curva de regresión de la GMD en relación con el tamaño de camada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilidad obtenida fue de un 80% para el macho 1 (cuatro gestantes de cinco), y de un 85,7% en el caso del macho 2 (seis gestantes de siete). El número de nacidos vivos medio por camada fue de  $8,83 \pm 0,97$  con el macho 1 y  $8,25 \pm 1,03$  en el 2. En las camadas inseminadas por el macho 1 no hubo ningún gazapo muerto, mientras que en una de las camadas del macho 2 hubo 1. La fertilidad media anual para este cruce se encuentra, según la bibliografía consultada, alrededor del 82%, y la prolificidad media se sitúa en el intervalo 7-11 gazapos/parto (Rebollar et al., 2006). Por tanto, los valores obtenidos se ajustan a los esperados, confirmando la buena calidad del semen obtenido.

El peso medio de los gazapos al nacimiento disminuyó conforme aumentaba el tamaño de la camada (Tabla 1). Según Argente et al. (2008), un aumento en el número de embriones implantados en el cuerno uterino disminuye el espacio disponible por feto y por tanto su crecimiento prenatal, el cual va a condicionar en gran medida su crecimiento posterior. En nuestro caso los pesos medios obtenidos, no se ajustan exactamente a esta





suposición, obteniéndose un peso ligeramente mayor en el grupo C que en el B. Sin embargo, los errores estándar de las medias B y C son muy altos y hacen que la diferencia entre ambos grupos posiblemente no sea estadísticamente significativa.

**Tabla 1. Peso medio y mortalidad de los gazapos en la primera semana de vida en función del tamaño de camada.**

	<b>Grupos de conejas atendiendo al tamaño de camada</b>		
	<b>A: 5-6 gazapos</b>	<b>B: 7-8 gazapos</b>	<b>C: 10-12 gazapos</b>
<b>Nº de conejas</b>	2	3	5
<b>Peso gazapos (g)</b>	109,9 ± 8,93	81,4 ± 13,03	83,8 ± 15,08
<b>Mortalidad (%)</b>	0	0	12

Además, en el grupo B, los gazapos de una de las camadas tuvo un peso medio al nacimiento significativamente menor a los demás a pesar de ser menos numerosa, y fue la única camada en la que nació un gazapo muerto. Esto podría ser indicativo de un mal desarrollo placentario o una mala vascularización del útero (Coy, 1995), por lo que este resultado estaría probablemente más relacionado con el estado fisiológico de la madre y su aparato reproductor y no únicamente con el tamaño de la camada. Cada grupo de conejas no se formó con el mismo número de hembras y no todos los gazapos fueron pesados con los mismos días de edad ya que las conejas parieron en un intervalo de 2 días. Por lo tanto, las diferencias de 1 ó 2 días de desarrollo en una etapa tan temprana del crecimiento han podido generar grandes variaciones. Por esta razón, aunque no hemos efectuado un análisis estadístico, nuestros datos parecen confirmar, en líneas generales, la afirmación inicial.

En cuanto a la mortalidad, todas las bajas que se produjeron en el grupo C ocurrieron las dos primeras semanas de lactación. Resultados similares obtienen Rebollar et al. (2006) y concuerdan con el hecho de que la presencia de muchos gazapos implica mayor competitividad, reduciéndose la proporción de leche recibida por individuo, lo que deprime el crecimiento y la supervivencia de las crías procedentes de camadas más grandes (Rödel et al., 2008).

La curva de lactación típica de la coneja presenta el pico de PL en torno a la 3ª semana de lactación y normalmente se corresponde a una producción media de entre 200 y 250 g/día (Torres et al., 1978). Las producciones medias por grupos según tamaño de camada, mostradas en la Tabla 2, se ajustan bastante bien a la PL esperada, exceptuando el caso del grupo C, que supera sensiblemente el valor mencionado para el pico de lactación (250 g).

**Tabla 2. Producción de leche de las conejas (PL) y consumo medio por gazapo, a los 9-10 días de edad, en función del tamaño de la camada**

	<b>Grupos de conejas atendiendo al tamaño de camada</b>		
	<b>A: 5-6 gazapos</b>	<b>B: 7-8 gazapos</b>	<b>C: 10-12 gazapos</b>
<b>Nº de conejas</b>	2	3	5
<b>PL (g)</b>	212,2 ± 47,73	211,2 ± 13,77	284,8 ± 33,04
<b>Consumo medio por gazapo (g)</b>	37,93 ± 5,23	28,3 ± 0,05	29,95 ± 4,64

Esto puede deberse a que, en la bibliografía consultada, este valor medio para la especie está calculado con conejas tanto primíparas como multíparas con variedad de partos previos. En este trabajo los grupos estaban constituidos únicamente por multíparas con varios partos previos, lo que puede explicar las altas producciones de leche sin ni siquiera estar todavía en el pico de lactación, especialmente en el grupo C, al estar compuesto por las hembras más prolíficas.

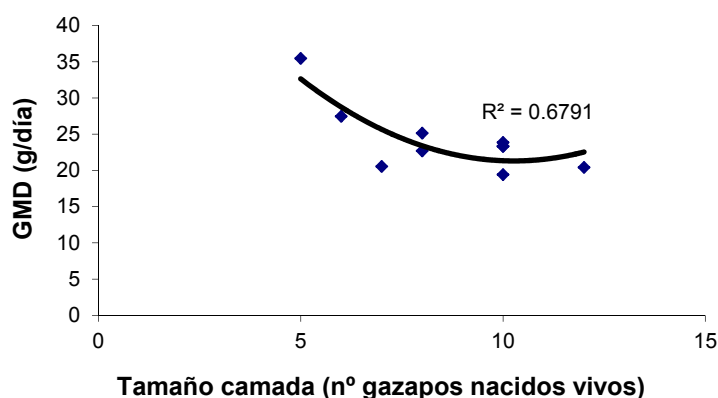


El tiempo de amamantamiento fue una media de 4 minutos, tal y como describe Drewett (1982). La PL media para los grupos A y B fue muy parecida debido a que una de las conejas del grupo A tuvo una producción muy por encima de la esperada para su tamaño de camada, lo cual igualó los valores medios. Exceptuando esta camada en concreto, las demás parecen ajustarse a la premisa de que un aumento en el número de gazapos provoca un aumento en la PL por parte de la coneja.

Los consumos de leche por gazapo se ajustaron también a esa tendencia, desviándose de nuevo el grupo C probablemente debido a la gran PL en este grupo. En los datos por camada, se obtuvo el máximo consumo (43,16 g) para una de las camadas más pequeñas (6 gazapos) y el mínimo (22,21 g) para la camada más grande (12 gazapos), confirmando de nuevo la hipótesis de partida.

En cuanto a la GMD durante la lactación, los datos vuelven a respaldar las hipótesis de las que partimos. Tal y como muestra la Figura 1, las camadas que presentan un mayor crecimiento son aquellas menos numerosas y viceversa.

**Figura 1. Curva de regresión de la ganancia media diaria (g/día) en relación con el tamaño de camada.**



## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los condicionantes derivados de ser una práctica con fines docentes y las limitaciones del número de animales empleados, aplicando un manejo reproductivo similar al que se utiliza en explotaciones comerciales de conejos, se ha comprobado que los resultados productivos obtenidos se aproximan a lo esperado. El empleo de dosis seminales de machos contrastados permite obtener resultados de fertilidad superiores al 80% y de prolificidad de más de 8 gazapos por parto. A mayor tamaño de camada se ha obtenido una mayor producción de leche pero también mayor mortalidad, menor peso al nacimiento y menor ganancia media diaria. Las desviaciones con respecto a lo esperado se deben al grupo de animales utilizado, que no es representativo de todos los estados fisiológicos ni de maduración que puede presentar una coneja reproductora en producción, pero que nos orientan sobre los parámetros productivos de las mismas, así como de los factores que pueden modificarlos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvariño M.R., 1993. Control de la reproducción en el conejo. Ed Mundi-Prensa. Madrid. España. Pp 73
- Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., 2008. Livestock Science, 114, 211-219
- Coy P. 1995. Fisiología veterinaria. Ed. Interamericana-McGraw-Hill. pp 861-874
- Drewett R., Kendrick K., Sanders D., Trew A. 1982. Anim. Behav., 32, 501-507.
- García-Tomás M., Sánchez J., Rafel O., Ramon J., Piles M., 2006. Livestock Science, 104 p.233-243
- Hoy, 2000. En: Recent Advances in Rabbit Sciences. Maertens and Coudert Eds. p. 75.
- Rebollar P.G., Pereda N., Millán P., Villarreal M., Lorenzo P.L., 2006. Livestock Science, 103 p.13-22
- Rödel H.G., Bautista A., García-Torres E., Martínez-Gómez M., Hudson, R., 2008. Physiology & Behaviour, 95,441-448
- Torres A., Fraga M.J., Pérez E., De Blas J.C. 1978. Anales INIA. 9, 29.



## **Incidencia de la grasa corporal y la leptina en la eficacia reproductiva de la cerda ibérica**

Benítez Villanueva, Gustavo; Díaz González, Sandra; Fernández López-Rey David

Tutores: Rebollar, Pilar G.; Alvir Morencos, María Remedios.

*Dpto. de Producción animal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: gustavo.bvillanueva@alumnos.upm.es, sandra.diaz.gonzalez@alumnos.upm.es, david.fernandez.lopez-rey@alumnos.upm.es*

### **RESUMEN**

El genotipo “ahorrador” que caracteriza al cerdo ibérico hace de éste un animal obeso que tiende a acumular niveles mayores de grasa que otras razas porcinas. Esto se debe a que nunca sacian su apetito, ya que los cerdos ibéricos presentan resistencia a la leptina, hormona que se sintetiza en los adipocitos y regula el apetito y el control del peso. Además, se ha descubierto que la leptina es un factor determinante en la fertilidad y viabilidad reproductiva, lo que afecta significativamente a la eficiencia reproductiva de la cerda ibérica, que al ser resistente a esta hormona presenta unos niveles de prolificidad menores que otras razas comerciales. Por lo tanto, existe una relación estrecha entre los niveles de grasa acumulados en ibéricos y su baja eficiencia reproductiva. Esto es muy importante desde el punto de vista económico a nivel de explotaciones, ya que los beneficios que se puedan obtener de esta actividad dependen de la eficacia reproductiva de las pjaras.

**Palabras clave:** *Leptina, Grasa corporal, Cerdo ibérico*

### **INTRODUCCIÓN**

El cerdo Ibérico es un animal obeso que se caracteriza por su gran voracidad y su incapacidad para saciarse. Esto se debe a que posee un genotipo “ahorrador”, que tiene sus orígenes en los tiempos en los que el cerdo era un animal salvaje y corresponde a una adaptación al ecosistema mediterráneo que permite al animal acumular grasa (subcutánea e intramuscular) en períodos de abundancia, para luego utilizarla en periodos de escasez.

La leptina (del griego leptos: delgado), de descubrimiento reciente (1994), es una hormona proteica sintetizada en los adipocitos y secretada al torrente sanguíneo. Sus niveles aumentan considerablemente cuando las hembras llegan a un estado prepuberal. Una de sus funciones es controlar el consumo excesivo de alimentos mediante la inhibición del apetito a nivel de los receptores del hipotálamo, con el objetivo de mantener una condición corporal adecuada y evitar así la obesidad. Además, esta hormona participa en procesos asociados con el tono vascular y la regulación del gasto energético (Torres et al., 2011). Los desórdenes reproductivos son frecuentes en individuos obesos y resistentes a la leptina (incapacidad de que niveles altos de leptina reduzcan el consumo voluntario de alimento). En el caso de la cerda Ibérica, se unen dos características: la obesidad y la baja prolificidad.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es intentar dilucidar la relación posible entre el genotipo obeso de las cerdas ibéricas, la leptina y sus características reproductivas.

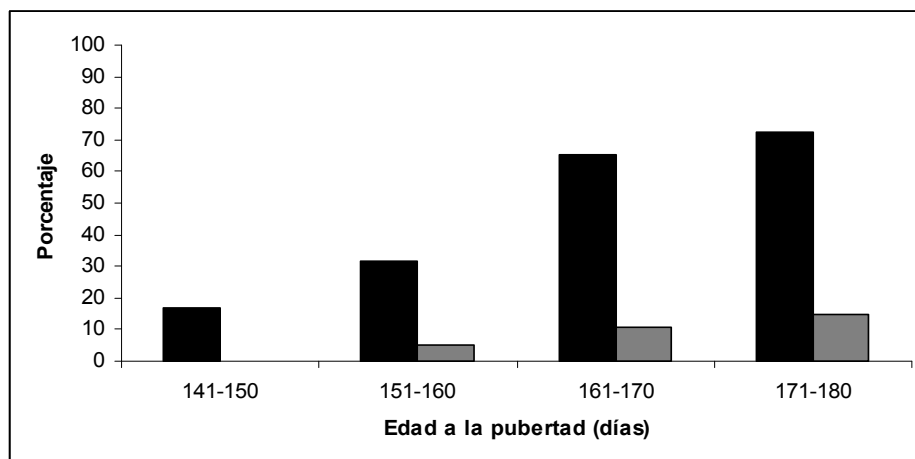
### **PUBERTAD, LEPTINA Y ENGRASAMIENTO DE LAS CERDAS**

Para que se inicie la pubertad, es necesario un cierto grado de engrasamiento. A través de varios estudios, se ha llegado a la conclusión de que ni la edad ni el peso son índices fiables para determinar si una hembra es púber, mientras que la composición corporal sí es un factor determinante. González-Añover et al. (2009), compararon dos lotes de cerdas: uno de raza ibérica y otro de un cruce de razas comerciales magras, Landrace x



Large White (LxLW). Tal y como muestra la Figura 1, el 72% de las ibéricas alcanzaron la pubertad en los primeros 180 días de vida, mientras que sólo el 15% de las LxLW la alcanzaron en ese tiempo. Es sabido que en la composición corporal de las primeras hay más grasa que en las cerdas magras, con lo que estos autores concluyeron que el engrasamiento es el factor determinante para alcanzar una pubertad precoz.

**Figura 1. Porcentaje de cerdas ibéricas ■ (n=18) y cerdas LxLW ■ (n=20) que alcanzan la pubertad a diferentes edades, según González-Añover et al. (2009)**



La cerda Ibérica posee un alto potencial para la acumulación de grasa, pero además, y aunque parezca una contradicción, posee altos niveles de leptina en sangre (Myers et al., 2008), que en principio debería provocar una disminución del apetito. La leptina actúa a través de receptores en el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el endometrio. La obesidad de los cerdos ibéricos puede explicarse, al menos en parte, por mutaciones en el gen del receptor de la leptina (LEPR) (Óvilo et al., 2005; Muñoz et al., 2009). Dichas mutaciones desencadenan una resistencia a la leptina y a pesar de que existan altos niveles de esta hormona en sangre, sus receptores no responden. De este modo se distorsiona el mecanismo de control del apetito y da lugar a individuos obesos cuando existe un exceso de comida disponible.

#### **PROLIFICIDAD Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE LA CERDA IBÉRICA**

La leptina y sus receptores parecen intervenir en la preparación del endometrio para la implantación de embriones (Mitchell et al., 2005). En diversos estudios se ha observado, por ejemplo, que los ratones mutantes obesos con deficiencias de leptina son infértiles y que también las mujeres con obesidad sufren varias irregularidades menstruales, otras patologías e incluso infertilidad (González-Añover et al., 2011b). En este sentido, Malik et al. (2001) y Pallarés et al. (2010) realizaron ensayos con ratones obesos inicialmente infértiles y demostraron que recuperaban la capacidad reproductiva mediante la administración de leptina. Así mismo se ha descubierto que la leptina interviene en el correcto desarrollo fetal (Przala et al., 2006) y también podría estar implicada en la vascularización de la placenta (Lea et al., 2000). Así pues, la leptina posee importantes funciones relacionadas con la reproducción.

En el caso de la cerda ibérica, ésta se caracteriza por tener una prolificidad (número de lechones nacidos) y eficiencia reproductiva menor que las de otras razas comerciales



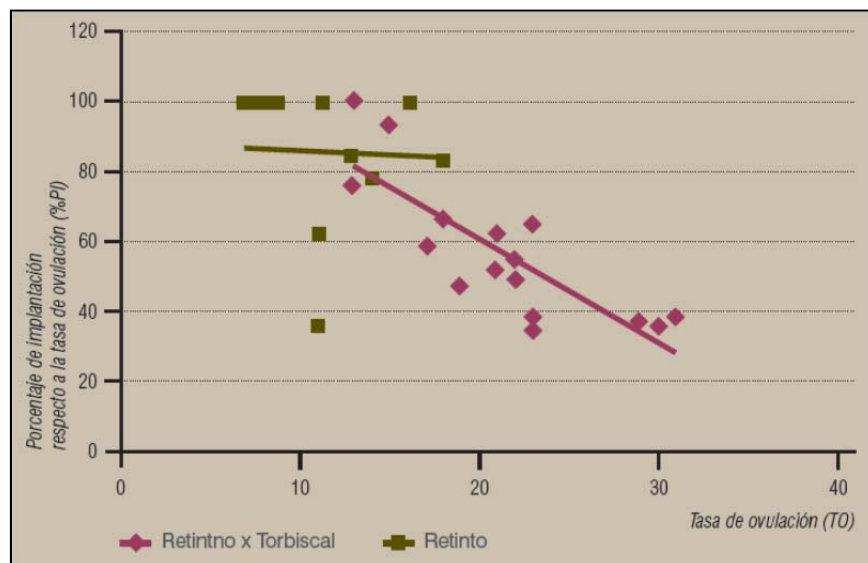
(Rodríguez C. 2012, comunicación personal; Tabla 1). La prolificidad depende de la tasa de ovulación, y ésta a su vez, del número de folículos ováricos y de las pérdidas embrionarias. Sin embargo, al comparar diversas razas porcinas, no se han encontrado diferencias en estos parámetros que expliquen la baja prolificidad de la cerda ibérica.

**Tabla 1. Media de número de lechones nacidos vivos en diferentes razas porcinas**

Large White	Landrace	Yorkshire	Pietrain	Guadyerbas	Ibérica Torbiscal	Retinto
9,8	9,3	8,9	8,8	7,0	8,0	8,3

Según González-Añoover et al. (2011a), el índice de grasa corporal de las cerdas ibéricas podría carecer de importancia para un adecuado desarrollo sexual, tasa de ovulación y función luteínica que no varían sustancialmente en distintas razas, por lo que no parece ser un factor limitante para la prolificidad. Sin embargo, sí que podría existir un efecto indirecto, ya que según Torres et al. (2011), las cerdas cruce de Retinto x Torbiscal tienen mayores tasas de ovulación que cerdas puras de Retinto, pero también tienen mayores pérdidas embrionarias (Figura 2). Eso es debido posiblemente a que parte de los folículos ovulados no han completado su desarrollo, no liberan oocitos competentes, su función luteínica es peor y se reducen las tasas de implantación embrionaria.

**Figura 2. Relación entre la tasa de ovulación (TO) y el porcentaje de implantación respecto a TO (%PI) en cerdas de líneas Retinto x Torbiscal y de Retinto, según Torres et al. (2011)**



La funcionalidad luteínica y los procesos de ovulación no son los principales factores limitantes para la prolificidad en razas de cerdos resistentes a la leptina. También se ha evidenciado que el sistema endocrino materno, las características metabólicas y la expresión genética placentaria en las razas de cerdos predispuestos a la obesidad afectan la viabilidad del embrión y al posterior crecimiento fetal (González Bulnes et al., 2012). Estudios en cerdas blancas comerciales describen que un útero con escasa capacidad daría lugar a mayores pérdidas embrionarias (Foxcroft et al., 2006; Freking et al., 2007). Teniendo en cuenta que las cerdas ibéricas tienen menor capacidad uterina que las blancas, este limitado espacio para la implantación justificaría las mayores pérdidas embrionarias que se han detectado en cerdas ibéricas con mayores tasas de ovulación (Torres Rovira et al., 2011).



Pero también se ha observado que antes de la etapa de transición de embrión a feto, se da un aumento de leptina en el endometrio y miometrio (Przala et al., 2006), de tal manera que las mutaciones en el gen LEPR que presenta el cerdo ibérico podrían originar alteraciones en esta fase, lo que daría lugar a retrasos en el crecimiento intrauterino y pérdidas fetales (Torres et al., 2011).

Por tanto, la baja prolificidad de la cerda ibérica no se debe a una disminución en la tasa de ovulación sino a una viabilidad embrionaria reducida, dependiente de factores maternos y embrionarios, siendo crucial un ambiente uterino óptimo previo a la implantación y una receptividad uterina posterior, en donde la participación de la leptina y el gen LEPR son destacadas. En cualquier caso, los recientes hallazgos sobre la funcionalidad endométrica y el desarrollo embrionario evidencian que todavía queda mucho por estudiar.

## CONCLUSIONES

Una singularidad fisiológica de la raza de cerdos ibéricos es su obesidad, debida a una resistencia a la leptina explicada por mutaciones en el gen de su receptor LEPR. A pesar de tener altos niveles de leptina en sangre, su resistencia a esta hormona hace que el animal sea incapaz de reducir el consumo voluntario de alimento. La leptina también está implicada en procesos fisiológicos relacionados con la reproducción y, el limitado éxito reproductivo de esta raza, podría estar relacionado con la resistencia a la leptina a nivel endometrial. Estos resultados no son solo interesantes para las explotaciones porcinas sino también para entender los efectos adversos de la obesidad en la reproducción en otras especies tales como la humana.

## AGRADECIMIENTOS

Villanueva B. y Rodríguez C. (INIA)

## BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong DT, Robker RL, Norman RJ. 2005. *Reproduction*, 130: 583-597.
- Foxcroft GR, Dixon WT, Novak S, Putman CT, Town SC, Vinsky MDA. 2006. *J Anim Sci.*, 84: E105.
- Freking BA, Leymaster KA, Vallet JL, Christenson RKJ. 2007. *Anim Sci.*, 85: 2093-2103.
- González-Añover P. 2009. *Solo Cerdo Ibérico*, 22: 47-53.
- González-Añover P, Encinas T, Torres L, Pallares P, Muñoz-Frutos J, Gomez-Izquierdo E, Sanchez-Sanchez R, González de Bulnes A. 2011a. *Reprod Domest Anim*, 46: 1011-1016.
- González-Añover P, Encinas T, Torres-Rovira L, Sanz E, Pallares P, Ros JM, Gomez-Izquierdo E, Sanchez-Sanchez R, González de Bulnes A. 2011b. *Theriogenology*, 75: 34-41.
- González de Bulnes A, Torres L, Óvilo C, Astiz S, Gomez-Izquierdo E, González-Añover P, Pallares P, Pérez ML, Sanchez-Sanchez R. 2012. *Gen Comp Endocr*, 176: 94-101.
- Lea RG, Howe D, Hannah LT, Bonneau O, Hunter L, Hoggard N. 2000. *Mol Hum Reprod*, 6: 763-769.
- Malik NM, Carter ND, Murray JF, Scaramuzzi RJ, Wilson CA, Stock MJ. 2001. *Endocrinology*, 142: 5198-5202.
- Mitchell M, Armstrong DT, Robker RL, Norman RJ. 2005. *Reproduction*, 130: 583-597.
- Muñoz G, Ovilo C, Silió L, Tomás A, Noguera JL, Rodríguez MC. 2009. *J Anim Sci*, 87: 459-468.
- Myers MG, Cowley MA, Münzberg H. 2008. *Annu Rev Physiol*, 70: 537-556.
- Ovilo C, Fernández A, Noguera JL, Barragán C, Letón R, Rodríguez C, Mercadé A, Alves E, Folch JM, Varona L, Toro M. 2005. *Genet Res*, 85: 57-67.
- Pallarés P, García-Fernández RA, Criado LM, Letelier CA, Fernández-Toro JM, Esteban D, Flores JM, González- Bulnes A. 2010. *Theriogenology*, 73: 1088-1095.
- Przala J, Gregoraszczuk EL, Kotwica G, Stefańczyk- Krzymowska S, Ziecik AJ, Blitek A, Ptak A, Rak A, Wójtowicz A, Kamiński T, Siawrys G, Smolińska N, Franczak A, Kurowicka B, Oponowicz A, Wasowska B, Chłopek J, Kowalczyk AE, Kaczmarek MM, Wacławik A. 2006. *Reprod Biol*, 6 Suppl 1: 59-87.
- Torres L, González P, Encinas T, Pallarés P, Pérez ML, Gómez E, Sánchez Sánchez R, González de Bulnes A. 2011. *SUIS*, 76: 24-29.



## ***Bradyrhizobium* sp. LmjC necesita un sistema de secreción tipo III para nodular eficientemente al altramuz valenciano (*Lupinus mariae-josephae*)**

López, Carla; Pastor, Víctor; Duran, David

Tutor: Rey, Luis.

Departamento de Biotecnología, E.T.S. I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: \_carla.lopeza@alumnos.upm.es

### **RESUMEN**

La mayoría de las leguminosas establecen una simbiosis con bacterias denominadas rizobios que fijan dinitrógeno en estructuras especializadas llamadas nódulos a cambio de fotosintatos. Existen varios elementos que hacen esta interacción específica y efectiva, entre ellos se encuentra la presencia, en algunos rizobios, de estructuras tubulares que introducen proteínas de la bacteria (efectores) en el citoplasma de células vegetales. En nuestro estudio de la interacción de la bacteria designada como *Bradyrhizobium* sp. LmjC con el altramuz valenciano *L. mariae-josephae* Pascual, hemos demostrado que existe uno de esos sistemas de secreción de tipo III y que éste es esencial para una simbiosis eficiente. Además hemos iniciado la caracterización de un posible efector denominado NopE y por último estamos estudiando otros rasgos fenotípicos de dicha bacteria como su resistencia a antibióticos, su crecimiento con distintas fuentes de carbono, su tiempo de generación y otras pruebas bioquímicas como la actividad ureasa.

**Palabras clave:** *Efector, Bradyrhizobium, Sistema de secreción, Simbiosis, Lupinus*

### **INTRODUCCIÓN**

La simbiosis *Rhizobium*-leguminosa es de gran relevancia para la Agricultura. La interacción entre la bacteria y la leguminosa es muy específica y entre los elementos que la determinan se encuentra el tipo de exopolisacáridos que presenta la bacteria, el tipo de señal bacteriana (Factor Nod) que reconoce la leguminosa y recientemente se ha destacado el papel de sistemas de secreción presentes en algunos rizobios. Los sistemas de secreción actúan como jeringas inyectando proteínas bacterianas denominadas efectores, al citoplasma vegetal. El sistema mejor conocido en rizobios se denomina sistema de secreción de tipo III (T3SS). En nuestro grupo se estudia la simbiosis de *Lupinus mariae-josephae*, un altramuz endémico de Valencia, único por preferir suelos alcalinos y sus endosimbiontes denominados *Bradyrhizobium* sp Lmj, (Duran et al 2013). Uno de estos rizobios, LmjC ha sido secuenciado en nuestro grupo y presenta un T3SS cuyo papel en la simbiosis es el principal objeto de este trabajo .

### **MATERIAL Y METODOS**

**Crecimiento de plantas y microorganismos.** Las semillas de *L. mariae-josephae* Pascual se desinfectaron con lejía al 25% tras incubarse un minuto en etanol y luego se les realizó un corte en la cubierta para que germinaran. Posteriormente se crecieron en invernadero en solución Leonard y en condiciones bacteriológicamente controladas.

Los cultivos microbianos se incubaron a 28°C en medio YMB o AG, donde se determinaron los tiempos de generación, resistencia a antibióticos y crecimiento con distintas fuentes de carbono (en su caso se cambió la fuente de carbono del YMB o AG por la que se quería probar)

**Construcción del mutante *ttsI*.** Se amplificó una región interna del gen que se clonó primero en el vector pCR2.1-TOPO y posteriormente en el vector pK18mobSac. La mutación se incorporó al genoma mediante recombinación (Schäfer et al., 1994) y pudo seleccionarse porque el mutante incorporó un gen de resistencia a kanamicina.

**Purificación y autoescisión de la proteína NopE.** Mediante PCR con oligonucleótidos especialmente diseñados se amplificó una variación del gen *nopE* capaz de codificar una



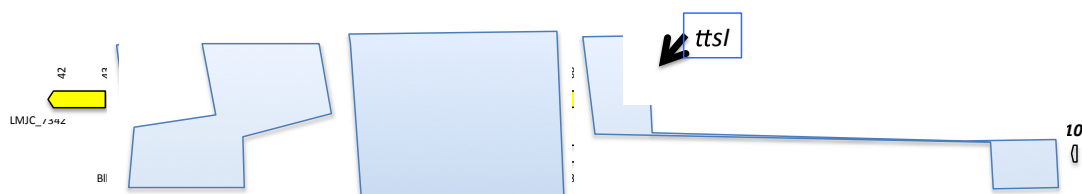
extensión peptídica (Streptag) en el extremo C-t. Este gen se clonó en el vector pT7-7. Con dicho vector se transformó *E. coli* donde se indujo la expresión de la proteína en presencia de IPTG. La proteína expresada con la cola Strep se purificó por cromatografía de afinidad (columna de Streptactina).

Se hicieron incubaciones de la proteína purificada en presencia de diferentes cationes y la autoescisión se examinó en geles SDS-PAGE.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de un T3SS en la cepa LmjC se evidenció tras un análisis de tipo BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) que permitió alinear una parte del genoma de LmjC con la agrupación génica que codifica para un T3SS en *B. japonicum* USDA110, ver Figura 1. El T3SS de LmjC presenta 33 genes, uno de ellos, *ttsI*, está descrito como el activador transcripcional del sistema (Zehner et al, 2008). Para conocer la relevancia del T3SS en la simbiosis *L. mariae-josephae-Bradyrhizobium* sp LmjC se procedió a generar una mutación en el gen *ttsI* y analizar su fenotipo al inocular la planta huésped.

**Figura 1. Sistema de secreción tipo III (T3SS) de la cepa LmjC comparado con el de *B. japonicum* USDA 110. Las regiones más conservadas están sombreadas. Con una flecha se destaca la posición del gen *ttsI* que regula el sistema.**



El fenotipo simbiótico se muestra en la Figura 2 e indica que el mutante *ttsI* es capaz de formar nódulos con *L. mariae-josephae* pero estos son incapaces de fijar nitrógeno como se comprobó por su incapacidad de reducir acetileno, además son blancos a diferencia del color rojizo de los nódulos producidos por la cepa silvestre. También puede constatar que el tamaño, color y porte de la planta inoculada con el mutante son parecidos a los de la planta sin inocular. Por tanto estos resultados indican que el T3SS de LmjC juega un papel importante en el establecimiento de una simbiosis efectiva con su planta huésped.

El gen *ttsI* regula el T3SS, este sistema como hemos comentado, es capaz de secretar proteínas llamadas efectores al citoplasma vegetal. Uno de esos posibles efectores está codificado por *nopE* y presenta un motivo autocatalítico (DUF1521) cuyo punto de corte está entre el residuo D<sub>167</sub> y P<sub>168</sub>. La función de esta proteína se desconoce pero nos propusimos estudiar si dicho punto de corte era efectivo para lo que purificamos NopE mediante su expresión con una etiqueta tipo Streptag (Ver Materiales y métodos). Una vez purificada se incubó en presencia de cationes ya que en esas condiciones las proteínas con el motivo DUF1521 se escinden. El resultado se muestra en la Figura 3. Se observó que en presencia de Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> y Mn<sup>2+</sup> se produjeron dos fragmentos de los tamaños esperados (17 y 24 kDa). Este efecto no se generó en ausencia de cationes o en presencia de Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. El papel que esta autocatálisis juega, se desconoce, aunque mutaciones en el motivo catalítico de NopE de *B. japonicum*, impiden que la proteína se escinda y hacen que pierda su función en simbiosis con la leguminosa *Vigna sinensis* (Schirromeister et al, 2011).

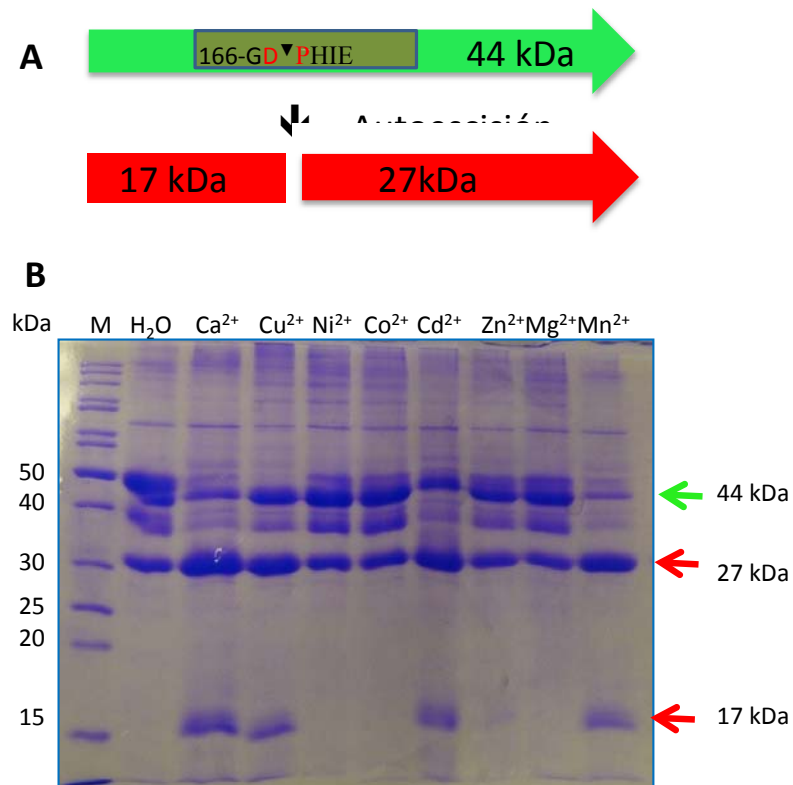




**Figura 2:** Plantas de *Lupinus mariae-josephae* inoculadas con la cepa nativa LmjC de *Bradyrhizobium* sp. (izquierda) y un mutante *ttsI* en el sistema T3SS (centro). Se incluye una planta control sin inocular. Imágenes aumentadas de los nódulos se muestran enmarcadas.

Respecto a algunas características fenotípicas de LmjC, se ha encontrado que esta bacteria es extraordinariamente lenta, su tiempo de generación es superior a 20 horas mientras que el de *B. japonicum* es de 8. Las fuentes de carbono con las que ha mostrado un mejor crecimiento son arabinosa, manitol y fructosa. Otras propiedades se están investigando en estos momentos.

**Figura 3. Estructura y autocatálisis del efector NopE de LmjC. A. Presencia del motivo autocatalítico de NopE y fragmentos que se generarían tras la autoescisión. B. Autoescisión NopE (8 ug) en presencia de diferentes cationes.**



**CONCLUSIONES**



El gen *ttsI* de la cepa LmjC, aislada de *Lupinus mariae-josephae*, forma parte de un sistema de secreción tipo III similar al de *B. japonicum* USDA 110. Una mutación en el gen *ttsI* produce una simbiosis inefectiva con la planta huésped, obteniéndose plantas de pequeño tamaño, amarillentas y con nódulos blancos.

La proteína NopE codificada en la agrupación del T3SS de LmjC se ha purificado y se ha demostrado in vitro que se autoescinde en presencia de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  y no en presencia de  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Esto apunta a que el motivo DUF1521 es funcional. La cepa LmjC utiliza manitol, arabinosa y fructosa como fuente de carbono y tiene un tiempo de generación superior a 20 horas.

#### AGRADECIMIENTOS

Al profesor Tomás Ruiz Argüeso (Universidad Politécnica de Madrid) por su consejo y sugerencias y a Ana Isabel Bautista por su excelente asistencia técnica. Este trabajo ha sido financiado en parte por la UPM-Actividades con Latinoamérica-México AL12- P(I+D)05.

#### BIBLIOGRAFIA

- Durán et al 2013. Syst Appl Microbiol. 2013 Jan 2. doi:pii: S0723-2020(12)00159-2. 10.1016/j.syapm.2012.10.008. [Epub ahead of print].
- Krause, A., Doerfel, A. And Göttfert, M. 2002. Mol Plant-Microbe Interact 15:1228-1235
- Schäfer, A., Tauch, A., Jager, W., Kalinowski, J., Thierbach, G., and Pühler, A. 1994 Gene 145: 69-63.
- Schirrmeister et al, 2011, J. Bacteriol, 193:124-129
- Zehner, S., Schober, G., Wenzel, Lang, K., Goettfert M. 2008. MPMI 21:1087-1093.



## ¿Sabes qué aspectos pueden afectar a la carne porcina?

Rosado Núñez, Francisco; Cook Torres, Cristian

Tutora: Rebollar, Pilar G.

*Departamento de Producción Animal. E.U.I.T Agrícolas. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: c.cook@alumnos.upm.es, f.rosado@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

El documento redactado a continuación está elaborado por revisiones bibliográficas en el ámbito de Producción Animal referidas a la calidad de las carnes en general y en porcinos en particular. En él se hace referencia de forma global a los aspectos que influyen en la carne: tanto su calidad organoléptica, como los factores biológicos y por último, los factores que condicionan su calidad. Además, se describen los tipos de carne que se aprecian según su maduración.

**Palabras clave:** *Carne, Calidad organoléptica, Cerdos*

### INTRODUCCIÓN

La carne es uno de los alimentos más nutritivos para consumo humano dado su alto aporte en proteínas de valor biológico, grasas, vitaminas y minerales (hierro, zinc, fósforo,...). Los atributos organolépticos (terneza, jugosidad y color) constituyen un factor determinante para el consumidor a la hora de elegir un producto alimenticio. Por ello, el objetivo de este trabajo es conocer las anomalías que se pueden observar en la calidad organoléptica de la carne debido a condiciones de manejo de los animales, antes y después del sacrificio, así como la descripción de la misma y los factores biológicos que pueden afectarla.

### ANOMALÍAS EN LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA CARNE DE CERDO

#### Carnes PSE

Son carnes pálidas, blandas y exudativas (de las siglas en inglés PSE: Pale, Soft and Exudative) se producen como consecuencia de una caída muy rápida del pH muscular tras el sacrificio, debido a un estrés severo antes del mismo (por ejemplo, al descargar a los animales, al manejarlos, al encerrarlos en los corrales, al inmovilizarlos, en peleas en los corrales o malas técnicas de aturdimiento, etc.). Por lo que, los animales están sujetos a una fuerte ansiedad y miedo. Todo ello provoca la activación del eje hipotálamo-hipofisario córtico-adrenal liberándose cortisol al torrente sanguíneo. Esta hormona, en el músculo, desencadena la rápida descomposición del glucógeno a ácido láctico de forma que llega a valores de pH inferiores a 6 antes de la primera hora tras el sacrificio, mientras la carne todavía está caliente (>35 °C) (pudiendo llegar a un valor inferior de pH 5,2-5,4 después de su maduración). Esta combinación produce una marcada desnaturalización de las proteínas musculares lo que provoca un aumento de la capacidad de retención de agua de la carne.

#### Carnes DFD

Son carnes oscuras, duras y secas (de las siglas en inglés DFD: Dark, Firm and Dry) se pueden presentar en ganado vacuno u ovino, y ocasionalmente en cerdos y pavos. Éstas se producen cuando las reservas de glucógeno se agotan antes del sacrificio, y por consiguiente hay poca generación de ácido láctico. Esto produce una acidificación muscular insuficiente tras el sacrificio, de forma que el pH muscular en las 24 h después del sacrificio será superior a 6,0 (pudiendo llegar a ser de 6,2-6,4 después de su maduración). Esto disminuye la capacidad de retención de agua, que impide el paso del oxígeno y la absorción de luz en la superficie de corte. La aparición de DFD está



relacionada con un ejercicio físico intenso o un estrés crónico durante un periodo prolongado antes del sacrificio. La incidencia puede oscilar entre un 5-50 %, dependiendo del matadero. Un periodo de ayuno prolongado no reduce por sí mismo las reservas de glucógeno de forma importante, aunque puede aumentar los efectos del ejercicio físico y del estrés. En invierno se producen más casos que en verano. Por tanto, la carne con la condición DFD implica que procedió de un animal estresado, lesionado o enfermo durante un periodo prolongado antes de su sacrificio.

### CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA CARNE DE CERDO

Las características organolépticas de la carne según Urkijo et al. (2009) son:

- ✓ **Terneza:** La impresión de terneza depende, por un lado, de la textura del tejido muscular (tamaño de la fibra), de la distribución y del tipo de tejido conjuntivo que está incluido y, por otro lado, de la facilidad inicial con la que la carne se corta en trozos y la importancia de los restos de la masticación.
- ✓ **Jugosidad:** Es la impresión resultante de la masticación y resulta, de una parte, del jugo liberado por la carne y, de otra, por la secreción salivar estimulada esencialmente por la grasa.
- ✓ **Sabor:** Impresión compleja resultante de la percepción de olores y gustos que reposa sobre la existencia y características de sustancias químicas (volátiles y solubles).

En el caso de la carne porcina, con respecto a la calidad organoléptica descrita anteriormente, podemos decir que ésta presenta una mayor terneza y por lo tanto una menor dureza que la de vacuno, incrementando la facilidad de corte y masticación. Otra de sus cualidades consiste en su mayor jugosidad, debido a la retención de agua, provocando que sea más blanda y más succulenta. En cuanto a su sabor hay que decir que va a variar mucho respecto a la raza, sexo, edad, manejo, etc. Así, dado que las carnes están compuestas por casi 700 compuestos químicos repartidos en la parte magra y en la grasa; una disminución del pH afecta considerablemente al sabor, presentando éste un matiz más ácido debido a sus altos niveles de ácido láctico.

### FACTORES BIOLÓGICOS QUE CONTROLAN LA CALIDAD DE LA CARNE

La calidad de la carne es un concepto formado por varios componentes. Desde un punto de vista práctico, estos componentes se clasifican en dos grupos: los que determinan la calidad culinaria y los responsables de la idoneidad tecnológica. Para ambos campos de aplicación, puede que sea posible detectar diferencias en la estructura de los tejidos de la carne y, en base a esta información, predecir las futuras características de la misma.

La carne es el tejido muscular y, como tal, está compuesto de células o fibras musculares ricas en proteínas (actina y miosina) envueltas de tejido conjuntivo y, dependiendo del músculo o grupo de músculos que consideremos, puede tener más o menos grasa. Por tanto, según Mota et al. (2010), la calidad de la carne va a depender de la presencia o ausencia de:

- ✓ **Grasa veteada:** Es la grasa depositada en el perimio entre los haces de fibras musculares. Reduce la fuerza a realizar durante el corte o masticación e incrementa la jugosidad.
- ✓ **Colágeno:** La fuerza del músculo es debida al almacén de tejido conectivo. A mayor edad se desarrolla un fuerte vínculo intramolecular que lo hace más difícil de degradar en la cocción.
- ✓ **Fibras musculares:** Lo más importante respecto a la dureza es el agrupamiento de las fibras musculares que se produce durante el enfriamiento. Los músculos



con altas proporciones de fibra roja tienden a ser más tiernos que aquellos que contienen fibra blanca.

- ✓ **Androstenona y escatol:** Son dos tipos de feromonas sexuales. La androstenona se da solo en machos y se produce en los testículos. El escatol es producido por machos y hembras, pero las altas concentraciones se dan en los cerdos enteros debido a los esteroides testiculares que inhiben su descomposición en el hígado. Estos compuestos se van acumulando en la grasa a lo largo del tiempo, por eso los lechones se castran a las 2-3 semanas de vida, para evitar el olor cuando se cocina.
- ✓ **Desarrollo del tejido:** Cerdos con un desarrollo de tejido inmaduro exhiben un rango de caracteres que afectan adversamente a la calidad de la carne. Así presentan mucha agua y baja grasa en el tejido conectivo entre los músculos.
- ✓ **Reserva de glucógeno:** Estas reservas determinan la caída de pH *post-mortem* por su catabolismo más o menos rápido que lo convierte en ácido láctico. Todo ello influido por la raza y manejo pre-sacrificio.

### CONDICIONES O FACTORES QUE ALTERAN LA CALIDAD DE LA CARNE

El cerdo es muy sensible al estrés, pero es capaz de adaptarse a situaciones nuevas. Entre las diferentes respuestas fisiológicas de adaptación cabe destacar un aumento de la secreción de catecolaminas, dando lugar a un aumento del gasto cardíaco, del consumo de oxígeno y de la temperatura corporal, una disminución del pH y la acumulación de ácido láctico. Todo ello, supone una pérdida de peso y una canal de mala calidad. Los factores que inciden en la carne para que se vea alterada según Mota et al. (2010) y Alarcón et al. (2006) son:

- ✓ **Genéticos.** En cerdos la selección genética, ha tenido como resultado animales susceptibles a condiciones estresantes *ante-mortem* y *post-mortem*, induciendo a cambios fisiológicos y bioquímicos que originan carnes PSE. Esta susceptibilidad se debe a la mutación del receptor *ryanodine*, provocando la liberación de calcio en el músculo. El gen responsable de dicha mutación es el gen halotano (NN), denominado así porque los cerdos que lo expresan son sensibles a este gas anestésico. Las diferencias del metabolismo muscular en reposo entre cerdos de diferentes genotipos sensibles al halotano con desórdenes en la regulación muscular del calcio, generan carnes con calidad deficiente, independientemente del grado de estrés pre-sacrificio. Pese a esto, los animales libres de este gen también pueden producir carnes PSE si sufren un manejo estresante intenso justo antes del sacrificio (durante la conducción de los animales al aturdimiento y durante el propio aturdimiento). Este tipo de carne es difícil de aprovechar tanto por los carniceros como los procesadores de carne. En casos extremos se desperdicia. Si se permite que los cerdos descansen una hora antes de su sacrificio, y se les da un buen manejo, se reduce considerablemente el riesgo de PSE.
- ✓ **Sexuales.** Los cerdos machos tienen una alta probabilidad de desarrollar carne PSE, mientras que las hembras son mucho más sensibles al estrés. Los animales castrados, consiguen una canal madurada mucho antes y se evita el “olor a verraco” o “board taint”.
- ✓ **Edad.** Los animales jóvenes tienen menos colágeno que los adultos. Esto provoca que tengan una carne más blanda. Además con el paso del tiempo y la actividad física irá conformándose la dureza de la carne.
- ✓ **Alimentación.** Uso de suplementos para prevenir el estrés durante el transporte. Los más usados son minerales, vitaminas y aminoácidos. Dentro de los minerales, se usa magnesio en dietas de cerdos que disminuye las concentraciones plasmáticas de cortisol y catecolaminas, originando cerdos mucho más tranquilos tras largas distancias de transporte. Como vitaminas se usa la vitamina E que



disminuye el estrés, al disminuir la frecuencia cardiaca y actúa como sedativo y ansiolítico. En aminoácidos, se ha demostrado que un aumento de triptófano en la dieta provoca un incremento de serotonina, y ésta a su vez tiene un efecto sedante.

- ✓ **Condiciones ambientales** (Palomo, 2008). Al pasar de temperaturas de 18 a 28 °C disminuye la productividad en los cerdos e ingieren un 40% menos de alimentos. El cerdo regula la temperatura corporal por balance entre la pérdida de calor y el calor metabólico. De esta manera, cuando la diferencia entre la temperatura corporal y ambiental aumenta, se incrementa la pérdida de calor.
- ✓ **Condiciones de manejo.** Durante el transporte al matadero se dan dos tipos de factores: físicos y psicológicos. El primero hace referencia a las lesiones, temperaturas extremas, vibraciones y cambios en la aceleración del vehículo, y el ruido. El segundo se refiere a la restricción del movimiento de los animales, olores nocivos o no familiares, presencia de otros animales, hambre, sed y fatiga. Es importante que el manejo de los animales lo realicen personas entrenadas, evitando cualquier tipo de golpes o gritos a los mismos. Es obligatorio que los animales una vez que llegan al matadero descansen entre 6-8 horas antes del sacrificio. Por ello, es importante hacer una planificación del transporte, eligiendo la mejor ruta y duración del mismo, seleccionar el diseño y mantenimiento del vehículo, proporcionar el espacio permitido, reposo, agua y alimentos.

## CONCLUSIONES

La calidad de la carne se ve afectada por múltiples factores físico-biológicos que se pueden establecer en menor o mayor medida a partir de la edad, sexo, genética, desarrollo del tejido, tipo de grasa, manejo, bienestar animal, tipo de sacrificio, alimentación, transporte, etc. Todos ellos juegan un papel determinante en ciertos atributos de su calidad organoléptica (terneza, jugosidad y sabor) y en el tipo de carne obtenida tras la maduración. Un mal manejo de los animales previo al sacrificio puede afectar desfavorablemente a la calidad de la carne de los animales y echar a perder el tiempo y dinero invertidos en su desarrollo y crecimiento. Un ejemplo claro son las carnes DFD y PSE que repercuten en contra de la calidad del producto y afectan a la comercialización del mismo. Cuando se da este tipo de carnes, se busca un culpable al que se puede acceder gracias a la trazabilidad de todo el proceso de crecimiento y desarrollo del animal. Por eso consideramos que es muy importante conocer todos los procesos y factores que hemos revisado en este trabajo con el fin de evitar grandes pérdidas económicas, ya que se trabaja con lotes de cientos de animales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A.D, Duarte, J.O., Rodríguez F.A. (2006) Incidencia de carnes PSE y DFD y su relación con la estación del año y el tipo de explotación... ([En línea]) [http://www.3tres3.com/abstracts/incidencia-de-carnes-pse-y-dfd-y-su-relacion-con-la-estacion-del-ano-y\\_20309/](http://www.3tres3.com/abstracts/incidencia-de-carnes-pse-y-dfd-y-su-relacion-con-la-estacion-del-ano-y_20309/)... (Fecha de consulta 29/01/2013)
- Mota, D. Guerrero, I. Trujillo, M.E. (México 2010). Bienestar Animal y Calidad de la Carne-Enfoques químicos y experimentales. Ed: B.M.EDITORES
- Palomo A. (2008). Universo porcino Problemas ambientales en porcinos. [En línea] [http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones\\_problemas\\_ambientales\\_en\\_porcinos.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones_problemas_ambientales_en_porcinos.html)– (Fecha de consulta 29/01/2013)
- Urkijo, E Eguinoa, P Labairu, P. (2009). Universo porcino Como se valora la calidad de la canal y la calidad de carne... [En línea] [http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/carne\\_porcina\\_09-09\\_como\\_se\\_valora\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_canal\\_y\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_carne.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/carne_porcina_09-09_como_se_valora_la_calidad_de_la_canal_y_la_calidad_de_la_carne.html) (Fecha de consulta 27/10/2012)



## Análisis de la diversidad genética de maní (*Arachis hypogaea* L.) en Ecuador

Delgado, Hipatia

Tutor: Martín, Juan Pedro

Departamento de Biología Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Correo electrónico: angelica.delgado.pilla@alumnos.upm.es

### RESUMEN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una planta oleaginosa originaria de Sudamérica y, en la actualidad, uno de los cultivos considerados por la FAO de gran importancia para la seguridad alimentaria. En Ecuador se siembran anualmente cerca de 20.000 has, siendo Manabí una de las provincias con mayor producción. El objetivo del presente trabajo ha sido llevar a cabo un análisis preliminar de la diversidad genética existente en accesiones de maní colectadas directamente de los agricultores en Ecuador y conservadas en el Banco de Germoplasma del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), habiendo utilizado para ello nueve marcadores de tipo microsatélite. El estudio se ha realizado con 100 accesiones colectadas en las 18 provincias de Ecuador donde se cultiva el maní. Los resultados obtenidos indican la existencia de una gran diversidad en las accesiones estudiadas, de manera que se han podido identificar y diferenciar las 100 accesiones, confirmándose la importancia de la conservación de este recurso fitogenético en Ecuador.

**Palabras clave:** Cacahuete, Microsatélites, Variabilidad genética

### INTRODUCCIÓN

*Arachis hypogaea* L. es la especie cultivada y económicamente más importante del género *Arachis*, el cual incluye más de 60 especies diferentes, todas ellas originarias de Sudamérica (Krapovickas y Gregory, 1994). Desde el punto de vista taxonómico, *A. hypogaea* se divide en dos subespecies, las cuales a su vez se clasifican en seis variedades: var. *hypogaea* y var. *hirsuta* dentro de la subespecie *hypogaea*, y var. *fastigiata*, var. *vulgaris*, var. *aequatoriana* y var. *peruviana* dentro de la subespecie *fastigiata* (Krapovickas y Gregory, 1994).

El maní es una excelente fuente alimenticia por sus altos contenidos de aceites (50%), proteínas (30%), vitaminas y minerales, teniendo múltiples usos en la alimentación humana y animal. Así, es un cultivo muy apreciado por la población ecuatoriana, siendo la explotación agrícola de maní una actividad habitualmente de tipo familiar y su cultivo se da en mayor o menor proporción en 18 de las 24 provincias de Ecuador, destacando la producción en la provincia de Manabí. Actualmente, existen 338 accesiones de maní en el Banco de Germoplasma del INIAP, que han sido colectadas directamente de los agricultores en esos 18 provincias de Ecuador donde se cultiva el maní.

La caracterización, evaluación y conservación del germoplasma es un factor decisivo en la solución de problemas actuales y futuros relacionados con el desarrollo de nuevas alternativas, dirigidas a la obtención de variedades vegetales mediante la utilización de métodos tradicionales o biotecnológicos. Por lo tanto, la caracterización del germoplasma de la colección de maní del INIAP constituye un punto de partida para futuros trabajos de mejora, como base para la solución de un gran número de problemas agronómicos relacionados con este cultivo.

La utilización de técnicas moleculares basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) ha proporcionado una alternativa consistente y objetiva para la identificación de



cultivares o accesiones, así como para el estudio de su diversidad genética, siendo los microsatélites o SSR (*simple sequence repeat*) uno de los marcadores más utilizados en ese sentido en *A. hypogaea* (Hopkins et al., 1999; He et al., 2003; Ferguson et al., 2004; Gimenes et al., 2007; Naito et al., 2008; Huang et al., 2012), lo cual facilita la utilización de estos marcadores en estudios de caracterización de la diversidad genética e identificación del germoplasma de maní.

Para el presente trabajo se han seleccionado 100 de las 338 accesiones existentes en el Banco de Germoplasma del INIAP en Ecuador, con objeto de llevar a cabo una caracterización preliminar de su diversidad mediante nueve marcadores de tipo microsatélite.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron 100 accesiones representativas de las 18 provincias de Ecuador donde se cultiva maní (Tabla 1), seleccionadas entre las 338 entradas que constituyen la colección de maní conservada en el Banco de Germoplasma del INIAP.

**Tabla 1. Procedencia de las 100 accesiones de *Arachis hypogaea* L. estudiadas. Se indica la Provincia de colecta y el código utilizado para su identificación en el trabajo, así como el número de accesiones analizadas de cada Provincia.**

Código	Provincia (nº de accesiones)	Código	Provincia (nº de accesiones)
AZ	Azuay (2)	MA	Manabí (15)
CA	Cañar (2)	MO	Morona Santiago (7)
CO	Cotopaxi (2)	NA	Napo (4)
IM	Imbabura (2)	OR	Orellana (4)
EL	El Oro (7)	PA	Pastaza (7)
ES	Esmeraldas (7)	PI	Pichincha (7)
GU	Guayas (7)	SA	Santo Domingo (2)
LR	Los Ríos (7)	SU	Sucumbíos (4)
LO	Loja (7)	ZA	Zamora Chinchi (7)

La extracción de ADN se llevó a cabo a partir de material foliar procedente de plántulas de dos semanas, siguiendo un protocolo estándar con CTAB. El ADN extraído se cuantificó en geles de agarosa, comparando la intensidad de las bandas con concentraciones conocidas del marcador Low Mass Lader (Invitrogen) y, a continuación, se prepararon diluciones de trabajo de 5 ng/μl. Se utilizaron un total de nueve *loci* SSR previamente descritos para *A. hypogaea*: PM3, PM15 y PM35 (He et al., 2003), y 1B09, 2C11, 2G03, 2G04, 4G02 y 4H11 (Ferguson et al., 2004). Uno de los cebadores de cada microsatélite fue marcado con IRDye<sup>TM</sup>, ya que los productos de la amplificación fueron analizados en un equipo LI-COR® 4300s DNA Analyzer.

Las reacciones de amplificación se llevaron a cabo en un volumen de 7,5 μl, con 0,2 mM de cada uno de los cuatro dNTPs, 2,5 mM de MgCl<sub>2</sub>, 0,3 U de GoTaq DNA Polymerase en el tampón suministrado por el proveedor (Promega), 20 ng de ADN molde y 0,15 μM de cada cebador. Las amplificaciones se realizaron en un termociclador Biometra TProfessional Basic, utilizando el siguiente protocolo para los nueve SSR, que consistió en un ciclo inicial de desnaturalización de 2 min a 95°C, seguido por 30 ciclos de 45 s a 94°C, 1 min a 50-64°C y 1 min 30 s a 72°C, y un último ciclo de extensión de 10 min a 72 °C. Los productos amplificados se resolvieron en un equipo LI-COR® 4300s DNA





Analyzer y el tamaño de los alelos fue asignado utilizando el software SAGA-GT Microsatellites (LI-COR, Biosciences).

Para cada uno de los *loci* microsatélite se obtuvieron las frecuencias alélicas y genotípicas. La heterocigosis observada ( $H_o$ ) fue calculada como el cociente entre el número de genotipos heterocigotos y el total de genotipos obtenidos para cada *locus*. La heterocigosis esperada se calculó como  $H_e = 1 - \sum p_i^2$ , donde  $p_i$  es la frecuencia del alelo “i” en la muestra estudiada para cada locus. Asimismo, también se estimó el número efectivo de alelos como  $NEA = 1 / \sum p_i^2$ , y el índice de información de Shannon como  $I = -1 \sum [p_i \times \ln(p_i)]$ . Por otra parte, se calculó la probabilidad de identidad (PI), como la probabilidad teórica de que dos accesiones tomadas al azar de la muestra tengan el mismo genotipo para un locus o para el conjunto de todos los *loci*. Todos estos parámetros fueron calculados mediante el programa GenAlEx 6.4 (Peakall y Smouse, 2006). Finalmente, para establecer las relaciones genéticas entre las accesiones, los datos alélicos fueron utilizados para generar una matriz de distancias cuadradas mediante el programa GenAlEx 6.4, y dicha matriz fue procesada con el programa NTSYS-pc v2.20 para obtener un dendrograma mediante el clásico método de agrupamientos del ligamiento promedio utilizando la media aritmética no ponderada o UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*; Rohlf, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los nueve *loci* SSR fueron polimórficos y el número de alelos detectados varió entre 5 (*locus* PM15) y 16 (*locus* 2G04), con un valor medio de 11,5; además, en cinco de los nueve *loci* analizados el número efectivo de alelos fue superior a cinco (Tabla 2).

**Tabla 2. Número (NA) y número efectivo (NEA) de alelos, número de genotipos observados (Go), Heterocigosis observada ( $H_o$ ) y esperada ( $H_e$ ), Índice de información de Shannon (I) y Probabilidad de Identidad (PI), obtenidos para los 9 *loci* SSR analizados en las 100 accesiones de *A. hypogaea* L. estudiadas.**

<i>Locus</i>	NA	NEA	Go	$H_o$	$H_e$	I	PI
PM3	13	6,81	33	0,840	0,853	2,14	0,037
PM15	5	2,34	8	0,890	0,572	0,98	0,270
PM35	14	4,93	13	1,000	0,797	1,99	0,060
1B09	13	5,71	26	0,950	0,825	2,05	0,049
2C11	6	3,53	6	0,990	0,717	1,42	0,130
2G03	12	5,66	17	1,000	0,823	1,99	0,052
2G04	16	8,43	22	0,070	0,881	2,40	0,024
4G02	8	4,25	10	0,990	0,765	1,64	0,088
4H11	17	6,08	20	1,000	0,836	2,18	0,042
<b>Media</b>	<b>11,5</b>	<b>5,30</b>	<b>17,2</b>	<b>0,859</b>	<b>0,785</b>	<b>1,86</b>	<b>---</b>
<b>Acumulado</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b><math>1,8 \times 10^{-11}</math></b>

El número de genotipos observados varió entre 6 en 2C11 y 33 en PM3. La combinación de los patrones obtenidos para los nueve *loci* permitió identificar y diferenciar las 100 accesiones estudiadas. La heterocigosis observada varió entre el 7% para el *locus* 2G04 y el 100% para los *loci* PM35, 2G03 y 4H11, con un valor medio de 85,9%; mientras que, la heterocigosis esperada varió entre el 57,2% (PM15) y el 88,1% (2G04), con una media del 78,5% (Tabla 2). Destaca el bajo porcentaje de heterocigosis observado para el *locus* 2G04 y las diferencias significativas con el valor de heterocigosis esperada. Ello podría reflejar el carácter eminentemente autógamo de las especies del género *Arachis*; sin embargo, el resto de los *loci* analizados muestran unos niveles de heterocigosis inusuales



para una especie esencialmente autógama, lo cual pone de manifiesto la existencia de una gran diversidad en las accesiones estudiadas y la importancia de conservar y estudiar en mayor profundidad estos recursos fitogenéticos. Por otra parte, los valores del índice de información de Shannon, como cabría esperar, están claramente correlacionados con la heterocigosis esperada y el número efectivo de alelos. Todos estos resultados indican que los *loci* PM15 y 2C11 han resultado ser los menos informativos y eficaces para analizar la diversidad genética en estas muestras de maní. Este hecho se observa nuevamente en los valores obtenidos para la probabilidad de identidad, siendo éstos significativamente mayores para los dos *loci* mencionados (Tabla 2). Sin embargo, el valor acumulado de PI para los nueve *loci* es prácticamente 0 ( $1,8 \times 10^{-11}$ ; Tabla 2), lo cual pone de manifiesto la eficacia del conjunto de los nueve *loci* SSR utilizados para identificar y diferenciar una muestra de accesiones de maní como la estudiada en el presente trabajo.

Por último, el dendrograma generado para las 100 accesiones ha corroborado el elevado nivel de diversidad detectado en las mismas, no habiendo sido posible establecer una correlación de las relaciones genéticas obtenidas entre las accesiones con el lugar de procedencia. Probablemente, las relaciones establecidas en el dendrograma estén en consonancia con la taxonomía de las accesiones a nivel de subespecies y variedades de *A. hypogaea*, por lo que sería recomendable para el futuro completar este trabajo con una caracterización morfológica y morfométrica de dichas accesiones.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo ponen claramente de manifiesto la eficacia del conjunto de los nueve *loci* microsatélites utilizados para la caracterización e identificación de cultivares de *A. hypogaea*, ya que han sido capaces de diferenciar inequívocamente las 100 accesiones objeto de estudio. Por lo tanto, se sugiere la utilización de estos microsatélites para completar el estudio de caracterización en el resto de accesiones de maní conservadas en el Banco de Germoplasma del INIAP de Ecuador. Ello permitiría generar una base de datos que podría utilizarse para la propia gestión y utilización de la colección de maní, así como para la identificación de cultivares, estudios de parentesco e incluso en cuestiones de protección legal de esos cultivares o accesiones de *A. hypogaea*. Por otra parte, este trabajo ha puesto de manifiesto la existencia de una diversidad relevante en las accesiones de maní colectadas en Ecuador, siendo por ello muy importante la conservación y la caracterización en mayor profundidad de estos recursos fitogenéticos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Departamento de Recursos Fitogenéticos del INIAP-Ecuador y, especialmente, al Ing. César Tapia por permitirme estudiar una parte de su colección de maní (*Arachis hypogaea*). A Carolina Costa por la aportación de datos previos esenciales para la elaboración del trabajo. A mi tutor, el Dr. Juan Pedro Martín Clemente, por su aporte y apoyo para el desarrollo de este trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ferguson M.E., Bramel P.J., Chandra S. 2004. Crop Sci., 44: 1847-1854.
- Gimenes M., Hoshino A., Barbosa A., Palmieri D., Lopes C. 2007. BMC Plant Biol., 7: 9.
- He G., Meng R., Newman M., Gao G., Pittman R., Prakash C.S. 2003. BCM Plant Biol., 3: 3.
- Hopkins M.S., Casa A.M., Wang T., Mitchell S.E., Dean R.E., Kochert G.D., Kresovich S. 1999. Crop Sci., 39: 1243-1247.
- Huang L., Jiang H., Ren X., Chen Y., Xiao Y., Zhao X., Tang M., Huang J., Upadhyaya H.D., Liao B. 2012. PLOS One, 7: e50002. pp 10.
- Krapovickas A., Gregory W.C. 1994. Bonplandia, 8: 1-186.
- Naito Y., Suzuki S., Iwata Y., Kuboyama T. 2008. Breed. Sci., 58: 293-300.
- Peakall R. and Smouse P.E. 2006. GENALEX 6. Mol. Ecol. Notes, 6: 288-295.
- Rohlf F.J. 2005. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System, ver. 2.20. Exeter Publishing, Ltd., Setauket, N.Y. [prints/bitstream/2117/2474/1/JGarcia\\_and\\_ACorzo.pdf](http://prints/bitstream/2117/2474/1/JGarcia_and_ACorzo.pdf)
- <http://www.alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t7.html>, 2012

## **SESIÓN P1**





## Práctica de ecología: ecosistemas mediterráneos

Martínez Rodríguez, Esperanza

Tutor: Moreno Vázquez, Santiago

*Departamento de Biología Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: esperanza.martinez.rodriguez@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

En el siguiente trabajo, que tiene como base el Jardín Botánico Mediterráneo de la Escuela Técnica Superior Ingenieros Agrónomos, se van a aplicar conceptos de ecología vistos en clase. En primer lugar, se realiza un inventario florístico cualitativo de las cuatro comunidades vegetales mediterráneas, que sirve para identificar las especies diferenciales y para determinar, mediante el índice de cistáceas el grado de mediterraneidad de cada ecosistema. En segundo lugar, se tratan de identificar las Interacciones entre especies: competencia, parasitismo y mutualismo.

**Palabras clave:** *Inventario florístico, Índice de cistáceas, Interacciones interespecíficas*

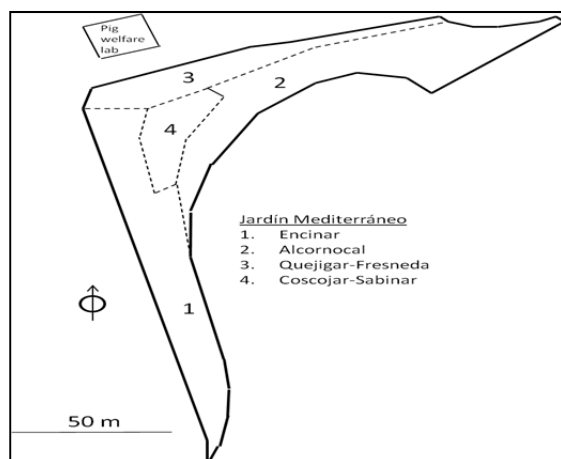
### INTRODUCCIÓN

En toda comunidad vegetal, que está caracterizada por una o varias especies dominantes, y por un tipo de sustrato y clima determinado, el inventario florístico cualitativo es, en su versión más sencilla, la lista de especies vegetales que la componen. Este tipo de inventarios permiten, entre otras cosas, localizar especies diferenciales entre distintas comunidades, y calcular índices bioclimáticos como el índice de cistáceas, una medida del grado de mediterraneidad del ecosistema. La clasificación del clima desde la base de la Ecología, considera la relación entre éste y la distribución de los seres vivos y sus comunidades sobre la Tierra. Un ejemplo sencillo de indicador bioclimático se obtiene al analizar la presencia, en cada comunidad, de especies pertenecientes a la familia de las cistáceas. La relación entre el número de especies pertenecientes a dicha familia y el número de especies totales encontrados en una cierta comunidad, se utiliza como indicador bioclimático de su grado de mediterraneidad.

Más allá de la mera lista de especies están las interacciones que existen entre las distintas especies. Las interacciones de tipo (+,+): mutualistas, implican mutuo beneficio para ambos participantes. En la mayoría de los casos cada miembro de un mutualismo se especializa en realizar una función complementaria para la otra. El parasitismo es una interacción del tipo (+,-), en la cual el parásito (virus, bacteria, protozoo, gusano) se adhiere al cuerpo del huésped o los invade y se alimenta de sus tejidos. Por último, en la competencia entre especies, una interacción (-,-) ambas especies resultan perjudicadas.

Este ejercicio práctico se realizó para afianzar los siguientes conceptos básicos de ecología:

- Comunidades biológicas
- Especies diferenciales de una comunidad
- Tipos de relaciones entre organismos: competencia, parasitismo, mutualismo.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El Jardín Botánico Mediterráneo (JBM), está ubicado en los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos. Fue creado en el año 2007, por iniciativa del Prof. Del Dpto. de Biología Vegetal José Luis Ceresuela y en el están representados cuatro tipos de comunidades vegetales mediterráneas (Figura 1): encinar de *Quercus ilex*; alcornocal de *Quercus suber*; quejigar-fresneda de *Quercus faginea* y *Fraxinus angustifolia*/F.ornus; coscojar-sabinar de *Quercus coccifera* y *Juniperus thurifera*.

Estas comunidades caracterizan los principales paisajes naturales en el ámbito climático de influencia mediterránea, predominante en la zona centro-peninsular.

**Figura 1. Plano esquemático del Jardín Botánico Mediterráneo en los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos (Madrid, España).** (Fuente: Dpto. Biología vegetal)

Esta práctica tuvo una duración de unas dos horas aproximadamente, y fue realizada en el mes de Octubre de 2012 por los alumnos de Ecología del Grado en Ingeniería Alimentaria, organizados en grupos de cuatro o cinco personas provistos de una cámara fotográfica como único equipo. La mayor parte de las fotografías que se presentan fueron tomadas por la autora del trabajo con una cámara Sony cyber-shot de 12.1 Mp

El inventario florístico realizado corresponde únicamente al recorrido inicial propuesto por el método fitosociológico y cuyo resultado es una mera lista de especies que no incluye datos cuantitativos. A partir de ese inventario se pudieron determinar las especies diferenciales y el índice de cistáceas. Este índice sirve para la determinación del grado de mediterraneidad de las comunidades y es la relación entre el número de especies del inventario que pertenecen a las familias cistáceas (*Cistus* y *Halimium* en este caso) y el número total de especies encontradas. El recorrido por el JBM que permitió realizar el inventario florístico también sirvió para detectar y fotografiar interacciones entre organismos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ■ Inventario florístico cualitativo.

El recorrido por las cuatro comunidades del JBM permitió definir los inventarios recogidos en la tabla 1.

**Tabla 1. Inventario florístico de las cuatro comunidades del Jardín Botánico Mediterráneo de la E.T.S.I. Agrónomos. Octubre de 2012.**

ESPECIES	1.EN C	2.AL C	3.Q-F	4.C-S	ESPECIES	1.ENC	2.ALC	3.Q-F	4.C-S
<i>Acer monspessulanum</i>	X	X		X	<i>Lavandula pedunculata</i>	X			
<i>Acer negundo</i> **		X			<i>Lavandula stoechas</i>	X			
<i>Acer opalus</i>			X		<i>Ligustrum vulgare</i>		X	X	
<i>Adenocarpus complicatus</i>	X				<i>Ligustrum vulgare</i>				
<i>Albanthus altissima</i> **		X		X	<i>Lonicera etrusca</i>	X			
<i>Alnus glutinosa</i>			X		<i>Lonicera periclymenum</i>	X	X		
<i>Amelanchier ovalis</i>			X		<i>Lonicera xylosteum</i>	X	X		
<i>Arbutus unedo</i>	X	X		X	<i>Malus sylvestris</i>	X	X		
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>			X		<i>Medicago arborea</i>		X		
<i>Artemisia campestris</i>	X				<i>Morus alba</i>		X		
<i>Asparagus acutifolius</i>		X			<i>Olea europaea</i> var. <i>syvestris</i>				X
<i>Asparagus albus</i>		X			<i>Ostrya alba</i>		X		
<i>Astragalus gines-lopezzi</i>			X		<i>Phillyrea angustifolia</i>	X	X		X
<i>Berberis vulgaris</i>			X		<i>Phillyrea latifolia</i>		X		X
<i>Calluna vulgaris</i>		X			<i>Pinus pinaster</i>		X		



<i>Celtis australis</i>		X			<i>Pinus pinea</i>	X			
<i>Cistus albidus</i>		X			<i>Pistacia terebinthus</i>	X	X		X
<i>Cistus crispus</i>		X			<i>Prunus dulcis</i>		X		
<i>Cistus ladanifer</i>	X	X			<i>Prunus insititia</i>		X		
<i>Cistus laurifolius</i>		X			<i>Prunus mahaleb</i>			X	
<i>Cistus populifolius</i>		X			<i>Prunus spinosa</i>		X		
<i>Cistus salvifolius</i>			X	X	<i>Pyrus bourgaeana</i>	X			
<i>Clematis vitalba</i>			X		<i>Quercus faginea</i>		X		
<i>Crataegus monogyna</i>		X			<i>Quercus ilex subsp.</i>	X	X		
<i>Colutea atlantica</i>		X		X	<i>Quercus robur</i>		X		
<i>Coronilla glauca</i>			X		<i>Quercus suber</i>		X		
<i>Cytisus grandiflorus</i>		X			<i>Retama sphaerocarpa</i>	X	X		
<i>Cytisus scoparius</i>	X	X			<i>Rhamnus cathartica</i>		X	X	
<i>Cytisus striatus</i>		X			<i>Rhamnus lycioides</i>			X	X
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>				X	<i>Robinia pseudoacacia**</i>	X			
<i>Ephedra nebrodensis</i>				X	<i>Rosa canina</i>	X	X		
<i>Erica arborea</i>		X			<i>Rosmarinus officinalis</i>	X			X
<i>Fraxinus angustifolia</i>			X		<i>Rubus ulmifolius</i>		X		
<i>Fraxinus ornus</i>		X			<i>Ruscus aculeatus</i>	X	X		X
<i>Genista falcata</i>		X			<i>Ruta montana</i>				X
<i>Genista florida</i>		X			<i>Salvia lavandulifolia</i>			X	X
<i>Genista scorpius</i>			X		<i>Sambucus nigra</i>		X		
<i>Globularia alypum</i>				X	<i>Santolina rosmarinifolia</i>	X		X	
<i>Halimium atriplicifolium</i>		X		X	<i>Sorbus torminalis</i>			X	
<i>Halimium calycinum</i>	X	X			<i>Teline linifolia</i>		X		
<i>Helichrysum stoechas</i>	X				<i>Teline monspessulana</i>		X		
<i>Jasminum fruticans</i>				X	<i>Teucrium capitatum</i>			X	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	X	X			<i>Thymus mastichina</i>	X		X	
<i>Juniperus thurifera</i>		X		X	<i>Thymus vulgaris</i>				X
<i>Lavandula latifolia</i>				X	<i>Ulmus minor</i>			X	
					<i>Ulmus pumila**</i>	X	X		X

\*\* Especies alóctonas invasoras

### ■ Especies diferenciales

El análisis de la Tabla 1 permite diferenciar las especies diferenciales en las distintas comunidades del JBM: *Adenocarpus complicates*, *Artemisia campestris*, *Amelanchier ovalis* Medicus, *Prunus mahaleb*, *Sorbus torminalis*, *Clematis vitalba*, *Astragalus gines-lopezzi*, *Cornus sanguinea*, *Helichrysum stoechas*, *Lavandula pedunculata*.

### ■ Índice de cistáceas.

Para las distintas comunidades los índices son los siguientes:

- |               |             |                      |             |
|---------------|-------------|----------------------|-------------|
| 1. Encinar    | 2/31= 0,065 | 3. Quejigar-fresneda | 2/27= 0,074 |
| 2. Alcornocal | 7/55= 0,130 | 4. Coscojar-sabinar  | 2/27= 0,074 |

### ■ Interacciones entre especies.

Con ayuda de la bibliografía y de profesores especialistas, se confirmaron algunas de las interacciones y se llegó a la lista mostrada en la Tabla 2. No siempre se pudo confirmar el agente causante de una sintomatología, porque la práctica tuvo lugar en fechas próximas al inicio del reposo invernal de la vegetación. En el informe sobre la práctica se incluyeron fotografías de todas las interacciones encontradas, una de las cuales se muestra en Figura 2.

**Figura 2.** Perforaciones en hojas de fresno (*Fraxinus angustifolia*) probablemente causadas por el hongo ascomiceto *Stigmina carpophila*. (Fuente elaboración propia)





**Tabla 2. Interacciones observadas en el Jardín Botánico Mediterráneo en los campos de prácticas de la E.T.S.I. Agrónomos (Madrid, España)**

ESPECIE 1	ESPECIE 2	INTERACCIÓN	UBICACIÓN
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Eriophyes fraxinivorus</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Malus sylvestris</i>	<i>Stephanitis pyri</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Eriophyes fraxinivorus</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Gymnosporangium sp.</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Eriophyes fraxinivorus</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Megachile sp.</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Rosa sp</i>	<i>Diplolepis rosae</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Capnodis tenebrionis</i>	Parasitismo	2. Alcornocal
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Stigmata carpophila</i>	Parasitismo	4. Coscojar-Sabinar
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	Mutualismo	3. Quejigar-Fresneda
<i>Ailanthus altissima</i>	Múltiples especies vegetales	Competencia	1 / 2 / 3 / 4
<i>Ulmus pumila</i>	Múltiples especies vegetales	Competencia	1 / 2 / 3 / 4
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Múltiples especies vegetales	Competencia	1 / 2 / 3 / 4

### CONCLUSIONES

Es destacable el hecho de que, el mayor número de especies diferenciales se encuentra localizado en la comunidad 3.quejigar-fresneda, y que existen especies autóctonas invasoras en las condiciones actuales del Jardín (Tabla 1). En la comunidad 2.alcornocal se han observado la mayoría de las interacciones encontradas, hace pensar que es la comunidad que mas rápido se esta consolidando.

Las comunidades de mayor a menor grado de mediterraneidad, quedaron ordenadas de la siguiente forma:

Alcornocal > coscojar-sabinar = quejigar-fresneda > encinar

Respecto a interacciones, destacar que debido a la juventud del JBM este ha sido el primer año en el que se han podido llevar a cabo estudios de interacciones. Que existan este tipo de interacciones es una señal de que el JBM se esta consolidando en su entorno. Si no tenemos en cuenta la competencia entre especies vegetales por la luz y nutrientes, el parasitismo es la interacción de la que se han recogido más casos (Tabla 2).

### AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a los profesores Pedro del Estal, Ángela Alonso, por la colaboración prestada en la interpretación y detección de las interacciones de las comunidades y a Daniel de la Torre por la documentación aportada sobre el JBM. También a mis compañeros de Ecología por los datos y fotografías recogidos el día de la practica .

### BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Pérez, A., 2012, V Congreso de estudiantes de Ciencia, Tecnología e Ingeniería Agronómica: 99-101.  
Bolos, O.de, 1986, Consideraciones sobre la flora del Montseny.Mem.Real Acad.Ci.: 411-439  
Braun-Blanquet J, 1979, Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales.  
Gonzalo Jiménez, J., 2010.  
Ricklefs R. E.,1998, 1ª reimpresión, pág.418-420  
Sainz de Omeñaca González J.A., serie forestal nº10, pág.13-14  
Senasa: [www.sinavimo.gov.ar/plaga](http://www.sinavimo.gov.ar/plaga) [en línea].





## El yuzu, un cítrico lleno de aromas y sabores

Pascual Martín, Judith Iris

Tutores: Mendiola Ubillos, M<sup>a</sup> Ángeles; Aguado Cortijo, Pedro Luis

Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos

Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: judiht.pascual.martin@alumnos.upm.es

### RESUMEN

El yuzu, *Citrus junos* Siebold ex Tanaka, es un cítrico endémico de China, Corea y Japón, manteniéndose hasta hoy día la controversia sobre cuál de los tres países es su centro de origen. Pertenece a la familia Rutaceae, y por su aspecto se puede confundir con el naranjo amargo, *Citrus aurantium* L.. Es una especie con un gran futuro, tanto por sus importantes aplicaciones en perfumería y cosmética, como por su reciente introducción en la “cocina de diseño” de la mano de algunos de los mejores chefs del mundo, entre ellos varios españoles. A pesar de su interés y aplicaciones diversas, no hay plantaciones comerciales fuera del sureste asiático. En España se pueden encontrar algunos ejemplares de Yuzu en “El Huerto del Cura”, Elche (Alicante).

**Palabras clave:** *Citrus junos*, Yuzu, Gastronomía

### INTRODUCCIÓN

La especie *Citrus junos* Siebold ex Tanaka, conocida como **yuzu**, es un cítrico poco conocido en Europa, aunque bastante utilizado en algunos países de Asia oriental, que presenta unos frutos de aspecto similar a los del pomelo, naranja y mandarina; con el tamaño de esta última y con el epicarpo de color entre el amarillo y el verde según lo maduro que esté. Es una planta con un gran potencial económico en la industria agroalimentaria, y especialmente en los últimos años, por el interés que ha despertado en la alta gastronomía, por los aromas, sabores y fragancias que aporta a numerosos platos y bebidas, y que está adentrándose en las cocinas de nuestro país para satisfacer la búsqueda de lo exótico.

### ORIGEN, HISTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

Actualmente la controversia acerca del centro de origen de *Citrus junos* Siebold ex Tanaka sigue vigente. Hay autores que afirman que el yuzu proviene de China, de la provincia de Hubei, concretamente de una ladera a 4000 pies de altitud a lo largo del río Yangtze y de allí se extendió a Japón (Rahman et al., 2001). Por otro lado, Tanaka afirma que este cítrico se originó en Corea, extendiéndose posteriormente a China, y desde allí pasó al sur de Japón durante la Dinastía Tang hace 1000 años (Tanaka, 1981). A comienzos del siglo XX el científico estadounidense, Frank N. Meyer, introdujo el yuzu en los Estados Unidos. Poco tiempo después, se dieron cuenta de que la especie ya estaba en el país, decorando los jardines de inmigrantes japoneses (Karp, 2003). El yuzu se ha difundido más allá de su centro de origen, aunque su distribución fuera de Asia es testimonial. En Estados Unidos se ha llegado a extender marginalmente el cultivo de este árbol pues la cocina de diseño lo demanda cada vez más, obteniéndose unos altos beneficios en la producción del mismo (Karp, 2003). En España se encuentran ejemplares cultivados por Santiago Orts en el Huerto del Cura, en Elche (Rivas, 2011).

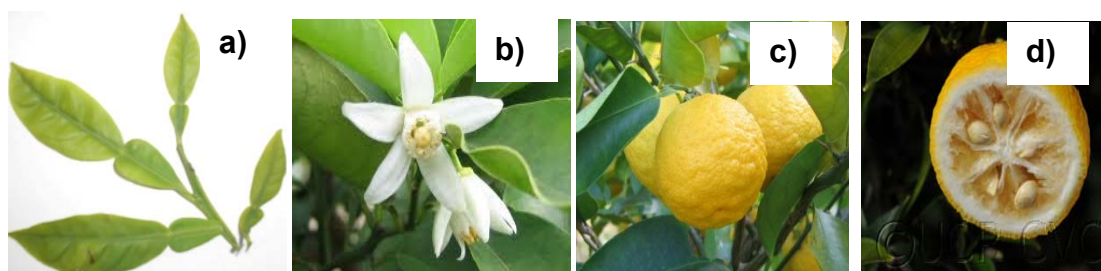


## DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

*Citrus junos* Siebold ex Tanaka es considerado un híbrido de *Citrus ichangensis* x *Citrus reticulata* var. *austera*. El yuzu es una especie arbórea, perenne, con la copa redondeada de color verde intenso y de talla media (aproximadamente 4 m); de aspecto similar al naranjo amargo, *Citrus aurantium* L.. Una característica de este cítrico es la existencia de espinas de 5 mm de longitud en las axilas de las hojas. El tallo erguido, está recubierto por una corteza lisa verde grisácea. Las hojas de color verde oscuro brillante son perennes, tienen forma lanceolada, acuminada y con la base redondeada, el borde puede ser entero o débilmente crenulado, y, el pecíolo es alado y articulado. Las flores que aparecen en primavera son blancas y aromáticas, axilares, con 5 pétalos separados de consistencia cerosa, y numerosos estambres. El fruto es un hesperidio globoso con la piel más áspera que la de una naranja, rugosa y que desprende un aroma agradable. El color del fruto torna de verde a amarillento al final del otoño. Las pepitas son grandes en comparación con otros cítricos. (Swingle, 1943).

### Imagen 1. Detalles del yuzu

a) hojas (pecíolos alados); b) flor; c) fruto verde; d) fruto maduro.



Fuente: Internet (Karp, 2007) y elaboración propia

## IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

En la gastronomía occidental el yuzu no es aún un ingrediente muy frecuente, pero, en los últimos tiempos sí que ha alcanzado un gran renombre, pues se ha introducido en la alta cocina de la mano de algunos de los grandes chefs de mayor renombre, como Ferran Adrià, los hermanos Roca o Paco Torreblanca, entre otros; con una pequeña cantidad de este cítrico se consigue dar un toque de sabor característico a los platos. Se puede decir que el yuzu es un producto con un alto valor añadido (Rivas, 2011).

En los últimos años se ha extendido por todo el mundo el empleo de *C. junos* en la elaboración de productos cosméticos (Siebert et Kahn, 2009). No obstante, su producción sigue estando localizada en Asia, principalmente en la prefectura de Kochi (Japón), donde se producen 10000 toneladas / año. Además de en el país nipón, este cítrico tiene producción en China y en Corea. El 90 % de la cosecha de yuzu se congela inmediatamente, se procesa para zumo o se seca. Sólo el 10 % se clasifica y comercializa como fruta fresca (Zonneveld, 2012). Este cítrico es difícil de encontrar en producción en Europa, sin embargo, en Estados Unidos se ha llegado a extender marginalmente el cultivo de este árbol como ya se ha comentado, obteniéndose unos altos beneficios en la producción del mismo y un sabor diferente al de la fruta asiática (Karp, 2003).



## INTERÉS DE LA ESPECIE Y APLICACIONES

Uno de los principales aprovechamientos del yuzu tanto en su centro de origen como en el mundo occidental es la gastronomía. En Japón forma parte de la salsa *Ponzu* (yuzu y pimienta) que sustituye al vinagre o bien se consume en forma de gelatina en los meses de verano. En Corea se le denomina *Yuja* y forma parte de una salsa agri dulce. Pero además de en salsas, este cítrico es ingrediente de diversos vinagres, té (Yuzu *Hachimitsu*), licores (*Yuzukomachi*), vinos, cervezas (cerveza holandesa IKI), mermeladas, confituras, jaleas, helados, cócteles... (Siebert et Kahn, 2009). En la cocina española ya hay algunos chefs que lo emplean (Adrià, Roca, Aduriz, Rodrigo de la Calle...) para aromatizar y dar un toque de sabor a sus platos, pero nunca como ingrediente principal (El País, 2011). Por otro lado, la harina de yuzu se usa en pastelería para la elaboración, entre otros dulces, de cortadillos o unos pasteles llamados *Kubeshi*.

La restauración no es la única aplicación del yuzu, son varios los perfumes que tiene en su composición algún toque de yuzu: Kenzo, Hugo Boss, Issey Miyake, Azzaro (no se pueden aportar datos concretos de la composición de los perfumes, ya que el secretismo es la clave del éxito de las grandes firmas de fragancias), se fabrican lociones y cremas hidratantes, quitaesmaltes de las uñas, geles, champús, jabones de tocador y otros muchos productos cosméticos, pues, la esencia contenida en su aceite, otorga un gran aroma, característico, a todos los productos. Se usa también en aromaterapia, debido a que transmite facultades similares a la bergamota (*Citrus x bergamia* Risso & Poit) al tener efecto refrescante, estimulante, ayudando a disminuir el estrés, el agotamiento o la tensión nerviosa. Además, este tratamiento mitiga los procesos depresivos, la frustración, y fomenta la confianza (Quinessence, 2012).

En los países de origen del *Citrus junos* son frecuentes las aplicaciones medicinales del mismo. Por ejemplo, el día 22 de diciembre, coincidiendo con el solsticio de invierno (*Toji*), los japoneses se bañan en yuzu, con el fin de evitar los “males del invierno”, tales como gripes o resfriados. Además de la aromaterapia, los baños de yuzu pueden ayudar en el tratamiento de la artritis, el reumatismo y el dolor o malestar general. Y el uso del aceite extraído del yuzu tiene propiedades tónicas que estimulan el sistema circulatorio y digestivo. En la antigüedad las semillas de yuzu formaban parte de la medicina popular, para tratar irritaciones o picores en la piel. En muchos hogares japoneses siguen siendo un remedio, si bien, el uso más extendido de éstas es el cosmético, al ayudar a tonificar la piel. (Quinessence, 2012)

En la composición fitoquímica del yuzu destacan varios compuestos con aplicaciones terapéuticas, como las que se citan a continuación: el ácido málico ayuda en la recuperación de los dolores musculares, el ácido cítrico favorece la digestión, el colágeno rejuvenece la piel madura, activa las células y quema la grasa, los flavonoides son antioxidantes, la vitamina P favorece la absorción de la Vitamina C y promueve el flujo sanguíneo, y finalmente, nomilin que es un relajante y tiene efectos sobre el VIH (Battinelli, 2003).

Finalmente es interesante comentar la importancia de la Producción Integrada en la actualidad. Siguiendo esa línea, en la Facultad de Agricultura de la Universidad Kagawa (Japón) se han realizado varios estudios sobre el potencial alelopático de los residuos del procesamiento industrial del yuzu para el control de la flora arvense. El responsable de la inhibición del crecimiento de las malas hierbas es un éster del ácido abscísico  $\beta$  – D – glucopiranosil que está en la piel del fruto de *Citrus junos*. De esta manera se puede llegar a reducir la dependencia de los herbicidas, lo que implicaría una menor contaminación del medio ambiente y una reducción en los costes de una explotación agraria (Kato-Noguchi et Tanaka, 2006).

**Imagen 2. Ejemplos de aplicaciones del yuzu.**

Fuente: Internet y elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se presenta y describe una planta de origen asiático, que tiene un gran potencial económico en nuestro país. Las aplicaciones del **yuzu** en diversas industrias cosméticas, perfumeras, medicinales y alimentarias principalmente, suponen un alto valor añadido al cultivo de este cítrico, debiendo destacar sus aportaciones a la innovación gastronómica; ya se está utilizando en numerosos platos y bebidas de la mano de algunos de los chefs españoles más prestigiosos.

## AGRADECIMIENTOS:

A M<sup>a</sup> Ángeles Mendiola por haberme ayudado a presentarme.

## BIBLIOGRAFÍA

- Battinelli, L. et al. 2003. Effect of limonin and nomilin on HIV-1 replication on infected human mononuclear cells. *Planta Med.* 69 (10): 910-913
- Kato-Noguchi, H, et Tanaka, Y. 2006. Potential of Citrus junos fruit waste from the food processing industry for weed management. *HortScience* 41(6):1516-1517.
- Siebert T., et Kahn T. 2009. Deliciously ancient East Asian acid citrus: yuzu, Sudachi and Kabosu. From the Citrus Variety Collection at the University of California, Riverside. 41(6):12
- Swingle, W. 1943. The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily (family Rutaceae, subfamily Aurantioideae). Univ. California Press. Chapter 3. (415 p)
- Karp, D. 2003. The Secrets Behind Many Chefs' Not-So-Secret Ingredient. *The New York Times*.
- Rivas, R in [http://elpais.com/diario/2011/06/10/tendencias/1307656801\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/06/10/tendencias/1307656801_850215.html), última consulta 12 marzo 2013.
- <http://www.google.es/imgres>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://hortsci.ashspublications.org/content/41/6/1516.full.pdf>, última consulta 12 marzo de 2013.
- Tanaka, S in <http://www.citrusvariety.ucr.edu/citrus/yuzu1.html>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.vivamondo.es/cosmeticos-mujer/shiseido-replenishing-body-cream.html>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://websites.lib.ucr.edu/agnic/webber/Vol1/Chapter3.html> , última consulta 10 marzo 2013.
- <http://www.herbolariolosaustrias.com/product/556/14/193/1/1/Yuzu-Vinagre.htm>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://composicionnutricional.com/alimentos/MANDARINA-1>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.yuzupassion.com/all-about-yuzu>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.murasaki-japan.com/en/contents/feature/>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://es.osmoz.com/enciclopedia/materias-primas/hesperide/168/yuzu-citrus-junos>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www14.knowledgres.com/00513863/Yuzu>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.thebodyshop.es/lineas/prevencion-antiarrugas/locion-corporal-yuzu-arroz-spa-wisdom-japon.aspx>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://blogs.periodistadigital.com/elbuenvivir.php/2012/05/22/yuzu>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.quinessence.com/yuzu.htm>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://spanish.alibaba.com/product-tp/yuzu-oil-131543913.html>, última consulta 12 marzo de 2013.
- Zonneveld, G in [http://www.freshplaza.es/news\\_detail.asp?id=68622](http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=68622), última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://www.citrusvariety.ucr.edu/citrus/yuzu1.html>, última consulta 12 marzo de 2013.
- <http://users.kymp.net/citruspages/papedas.html>, última consulta 12 marzo de 2012.
- <http://www.gastronomiaycia.com/2011/02/25/rodrigo-de-la-calle-en-el-forum-gastronomico-girona-2011> consulta 12 febrero de 2012.



## Bebidas energéticas: ¿energizantes?

San Vidal Martínez, Víctor; Alonso Cabezas, Isabel

Tutor: López Solanilla, Emilia

Departamento de Biotecnología. E.T.S.I. Agrónomos

Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: v.sanvidal@alumnos.upm.es; isabel.alonsoc@alumnos.upm.es

### RESUMEN

Debido a la controversia que rodea a las bebidas energéticas, es necesario puntualizar varias cuestiones que surgen entorno a ellas; se debe aclarar que éstas no son significativamente dañinas por sí solas para la salud en unas cantidades moderadas, pero en exceso, mezcladas con alcohol o usadas por individuos sensibles a ciertos componentes, pueden causar diversos problemas para el organismo como insomnio, dolor de cabeza, arritmia e hiperactividad entre otros. Todo esto genera confusión en los consumidores de estas bebidas en busca de factores energizantes, y en realidad encuentran otros efectos no buscados; revisaremos su composición para averiguar si su función energética es tal y como se presume. Estas bebidas contienen diversos componentes como antioxidantes, vitaminas, xantinas, azúcares, extractos de plantas...y se venden como energéticas en todos los casos, pero desde un punto de vista nutricional, las necesidades energéticas se cubren mediante ciertos mecanismos que dichas bebidas, mal llamadas energéticas, no incluyen (en su mayoría) entre sus componentes.

**Palabras clave:** *Bebidas energéticas, Alcohol, Xantinas, Nutricional*

### INTRODUCCIÓN

El mercado de las bebidas energéticas (BE) representa un importante papel en el comercio de países como Estados Unidos, Alemania y España. Los consumidores por excelencia de estos productos son jóvenes entre 18 y 24 años, por lo que es un mercado con mucho potencial.

Estas bebidas se anuncian como revitalizantes, energéticas y beneficiosas para aumentar el rendimiento tanto académico como físico, pero debemos preguntarnos cuánto hay de verdad en dichas afirmaciones. El objetivo de este trabajo ha sido estudiar sus componentes, el efecto de éstos sobre el organismo, y prever si las dosis que se ingieren pueden tener algún efecto contraproducente que no esté advertido en la etiqueta.

### BEBIDAS ¿REALMENTE ENERGÉTICAS?

Nuestro organismo obtiene energía a partir de unos compuestos y mediante mecanismos concretos, las BE deberían proporcionarnos estos compuestos para dotarnos de la energía que presumen aportar al organismo, pero en realidad no tienen estos compuestos que nuestro cuerpo usa para obtener energía, sino que nos aportan otros, en su mayoría estimulantes, que aumentan el ritmo metabólico de una forma poco saludable. Desde el punto de vista nutricional, una de las principales funciones de los alimentos es aportar energía al organismo mediante la respiración celular. Esta energía es obtenida en circunstancias normales de la glucosa (hidrato de carbono), un intermediario clave en el metabolismo celular, que al oxidarse a través de la glicólisis, 10 reacciones químicas, da lugar a piruvato que entra en el ciclo de Krebs, produciéndose coenzimas reducidas como NADPH o FADH<sub>2</sub> que se oxidarán posteriormente (gracias al oxígeno) en la cadena de transporte de electrones para producir las monedas de intercambio de energía que utiliza el organismo (principalmente ATP). Es la hidrólisis del ATP lo que proporciona la energía que necesitan las células.

Si analizamos el contenido de las bebidas “energéticas”, podemos observar que por 100 mL, aportan una media aproximada de 209kJ y por tanto, en una lata de 250 mL, una



media de unos 502 kJ por lata. Estas cantidades no se consideran altas ya que un considerable número de bebidas aportan significativamente más calorías en un mismo peso aproximado, véase el refresco anteriormente mencionado, la Coca-Cola, que aporta 594kJ por lata de 250mL o una taza de chocolate caliente del mismo volumen, que contiene unos 920kJ. Por lo tanto, no podemos destacar su propiedad de aporte energético como para denominarlas por esa característica y estaríamos induciendo a que el consumidor tuviera un concepto erróneo sobre estas bebidas. De hecho, si analizamos los componentes de éstas, vemos que no contienen apenas nutrientes excepto ciertas cantidades de hidratos de carbono. A los carbohidratos más simples como son monosacáridos y disacáridos se les suele llamar azúcares y se distinguen 2 grupos. Los azúcares intrínsecos- o extrínsecos, que son los aportados por la leche, la miel o los productos a los que se les añade azúcar refinado (sacarosa) como es en este caso. Los azúcares extrínsecos de las BE tienen un alto índice glucémico y en las recomendaciones dietéticas establecidas de ingesta de carbohidratos, los azúcares extrínsecos (excluyendo los de la leche) no deben exceder el 10% de la energía. Llevándolo a un caso práctico, esto supondría que el consumo de 2 latas de bebida de 250 mL en un día ya cubriría la ingesta recomendada de ese tipo de azúcares suponiendo que ningún otro alimento consumido ese día contuviera algo de azúcares extrínsecos.

El resto de componentes como cafeína y guarana, son sustancias estimulantes pero que verdaderamente no realizan ningún tipo de aporte energético por lo que podemos afirmar que el nombre de bebidas “energéticas” no sería correcto frente a un nombre más apropiado como “bebidas estimulantes”. La mayoría de ellas tiene cantidades considerables de estimulantes que de hecho, aumentan el gasto energético al estimular posiblemente al sistema nervioso.

### COMPONENTES BEBIDAS ENERGÉTICAS DEL SECTOR ESPAÑOL

En el mercado hay productos cuya composición incluye cantidades variables de vitaminas, aminoácidos... En la Tabla 1 se muestra la composición de productos que

BEBIDAS/CONTENIDO	ONLIMIT	HACENDADO	BURN	RED BULL MONSTER	
ENERGÍA (kJ)	180	193	263	192	201
ENERGÍA (kJ) por lata	450	482	658	480	1003
GRASAS (g)	0.0	<0,1	0.0	0.0	0.0
SATURADAS (g)	0.0	<0,1	0.0	0.0	0.0
HIDRATOS DE CARBONO (g)	10,6	10,8	14,5	11	12
AZÚCARES (g)	10,6	10,7	14,5	11	11
FIBRA ALIMENTARIA (g)	0.0	<0,1	0.0	0.0	0.0
PROTEÍNAS (g)	0.0	0,4	0.0	0.0	0.0
SAL (g)	0,2	0,1	0.0	0,04	0,08
VITAMINA B2 (mg)	-	0,6	-	-	SI
VITAMINA B3 (mg)	8	8	6,5	8	SI
ÁCIDO PANTOTÉNICO (mg)	2	2	1,5	2	-
VITAMINA B6 (mg)	2	2	0,3	2	SI
VITAMINA B12 (µg)	2	20	0,38	2	SI
VITAMINA C	SI	-	-	SI	-
CAFEÍNA (mg)	32	SI	32	32	32
CAFEÍNA (mg) por lata	80	SI	80	80	160
TAURINA	SI	SI	SI	SI	SI
GUARANA	-	-	SI	-	-
GLUCURONOLACTONA	SI	SI	SI	SI	-
INOSITOL	SI	-	SI	SI	-
L-CARNITINA	-	-	-	-	SI
GINSENG	-	-	-	-	SI
VOLUMEN POR LATA (ml)	250	250	250	250	500

Contenido por cada 100 ml con datos aproximados según información de las casas comerciales,

excepto indicación.

Fuente: Elaboración propia.



podemos encontrar en la sección de BE en un supermercado cualquiera, atribuyéndose múltiples efectos favorables para la práctica de deporte, estudio, etc. Se valoran marcas aleatorias de BE habitualmente consumidas en el mercado y se compararán a nivel energético con un refresco como la Coca-Cola (aporta 180 kJ/100 ml (594 kJ/lata).

### Tabla 1: Composición de diferentes marcas de bebidas energéticas

La marca "MONSTER" es la que debido al volumen de su lata estándar proporciona un elevado aporte energético y según la relación entre componentes y efectos que producen, es la más energizante, sobre todo por la presencia de L-carnitina y gin seng. En cuanto a componentes, cabe señalar los niveles preocupantes de cafeína, ya que por ejemplo, en la mayoría de los deportes, un valor en orina superior a 12 µg/ml, es dopaje.

### ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE LAS BEBIDAS ENERGÉTICAS

Gracias a estudios realizados, Higgins, J.P, podemos saber exactamente qué componentes tienen las BE y poder valorar sus efectos en el organismo. A continuación se nombran, describen y valoran algunos de los componentes anteriormente citados:

-TAURINA ( $C_2H_7NO_3S$ ): Es un aminoácido azufrado no esencial (aunque científicos como Carey, Francis A. que aseguran que no es un aminoácido por carecer de grupo carboxilo, sino que es ácido sulfónico natural). Se le atribuyen propiedades como el aumento de la capacidad de memorizar, concentración y reacción; así como que está implicada en la detoxificación, regulación osmótica y producción de sales biliares.

-GLUCURONOLACTONA ( $C_6H_6O_6$ ): Azúcar proveniente de la glucosa. Participa en la eliminación de promotores de tumores.

-GUARANA: Su composición se basa en cafeína (30%). Acción antioxidante, estimulante y efecto ergogénico.

-INOSITOL ( $C_6H_6(OH)_6$ ): Azúcar perteneciente al complejo vitamina B. Tiene capacidad antioxidante y control sobre los niveles de colesterol.

-L-CARNITINA ( $C_7H_{15}NO_3$ ): Compuesto de amina cuaternaria derivada de aminoácidos (Lys y Met) producido por el hígado y riñones. Estimula el metabolismo de lípidos, aunque la dosis necesaria la crea el propio organismo sin necesidad de aportes externos.

-GIN SENG ( $C_{42}H_{72}O_{14}$ ): Extracto de la raíz seca de la planta panx ginseng, se le atribuyen diversos efectos como estimular la secreción de corticoides, a través del eje hipotálamo-hipofisario y un aumento de memoria, reducción de fatiga y protección frente ataques al corazón. También tiene inconvenientes como hipertensión, edema, taquicardia, insomnio, fiebre, pérdida de apetito, palpitaciones...

-CAFEÍNA ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ): Es un alcaloide del grupo de las xantinas. Su uso está muy extendido para bebidas estimulantes y ergogénicas, pues de entre sus propiedades destacan: estímulo del sistema nervioso central y periférico, efecto ergogénico, estímulo del metabolismo de grasas después de un tiempo de ejercicio y puede causar (según cantidad ingerida y sensibilidad de la persona) insomnio, taquicardia, jaqueca, náuseas...

-VITAMINA B2 ( $C_{17}H_{20}N_4O_6$ ): Vitamina hidrosoluble, cuyo principio activo es la riboflavina. Actúa como coenzima en reacciones de óxido-reducción y grupo prostético de flavoproteínas. Además tiene un importante papel en el metabolismo energético.

-VITAMINA B3 ( $C_6H_5NO_2$ ): Vitamina hidrosoluble, cuyo principio activo es la niacina. De entre sus funciones destacan que participa como coenzima en reacciones de óxido-reducción y parte funcional de NAD y NADP.

-VITAMINA C ( $C_6H_8O_6$ ): Vitamina hidrosoluble, cuyo principio activo es el ácido ascórbico. Participa como coenzima en la hidroxilación de Pro y Lys en la síntesis de colágeno, tiene función función antioxidante y facilita la absorción del hierro.



## COCKTAILS DE MODA: BEBIDAS ENERGÉTICAS MEZCLADAS CON ALCOHOL

Según un estudio realizado en la Universidad de Carolina del Este (EEUU), consistente en una encuesta a un numeroso y amplio rango de jóvenes, se concluyó que una media del 54% (que representa más de la mitad de los consumidores de BE), lo hacían para beber junto con alcohol en fiestas. Evidentemente, esto nos lleva a preguntarnos qué efectos conlleva esta novedosa combinación. Los resultados obtenidos en estudios realizados no son favorables al consumo de estas mezclas (Ferreira et al, 2006).

Se puede afirmar que los efectos físicos producidos por la ingesta de alcohol y de éste mezclado con BE, son prácticamente iguales; Al medir la concentración de alcohol en sangre resultan los mismos valores con BE o sin ellas, y la coordinación motora y el tiempo de reacción visual no se ven afectados con la adición de BE al alcohol. Sin embargo, sí se ha constatado que las bebidas energéticas provocan una reducción en la sensación de enajenación alcohólica, por lo que aunque tengan mismos niveles de concentración de alcohol y mismas dificultades al andar o al hablar, son menos conscientes de esos efectos lo que les lleva directamente a un aumento considerable de accidentes. Éstos consumidores juzgan mal su estado y el de los de su alrededor, por lo que toman más riesgos a la hora de subir a un coche ajeno o conducirlo, o ir solos por zonas poco seguras exponiéndose a posibles abusos o robos.

Otro factor importante es el sabor que le confieren a la mezcla estas BE, su palatabilidad puede provocar un mayor consumo de alcohol total que el ingerido de otras formas y también una mayor tendencia a la dependencia de alcohol, ya que aumentan la deshidratación y con ello se acentúan los efectos tóxicos del alcohol. A su vez, se ha confirmado la existencia de algunos casos en los que la mezcla de estimulantes (como cafeína) con alcohol, producen taquicardias y fallos cardiopulmonares y cardiovasculares. Sobre algunos comentarios existentes que afirman un posible efecto amortiguador de las BE sobre los efectos depresivos del alcohol, decir que está comprobado que no existe una diferencia considerable en dichos efectos. Lo que sí es cierto, es que una ingesta alta de cafeína u otras sustancias excitantes, podrían contrarrestar tales efectos depresivos, pero esa dosis requerida no entra en las recomendaciones establecidas en el consumo de BE por ser un nivel muy alto y provocar problemas de salud debidos a las propias BE.

## CONCLUSIONES

Las bebidas denominadas energéticas no tienen una gran capacidad real de proporcionar energía al organismo, sino que producen excitación debido a sus componentes estimulantes, por lo que no sería un término adecuado. Asimismo, su mezcla con alcohol induce a mayores problemas y riesgos que el consumo de alcohol sin éstas.

En vistas del actual auge del consumo de BE, deberíamos plantearnos una mayor educación sobre ellas para que la sociedad sepa realmente qué proporcionan estas bebidas, sus riesgos, consecuencias y desmitificar falsas creencias populares, mediante la inclusión de algún tipo de advertencia, para que los consumidores lo tengan en cuenta, ya que son los excesos los que provocan serios problemas y no un consumo moderado.

## AGRADECIMIENTOS

A D<sup>a</sup> Emilia López Solanilla por su colaboración y apoyo durante el trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carey, F.A. Química Orgánica 6ª Edición  
Ferreira S.E., de Mello M.T., Pompéia S., and de Souza-formigoni M.L. (2006) Effects of energy drink ingestion on alcohol intoxication. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 30(4):598-605.  
López Solanilla, E. y García Olmedo, F (2011) Fundamentos de la nutrición humana 91-116  
Malinauskas, B.M., Aeby, V.G., Overton, R.F., Carpenter-Aeby, T. and Barber-Heidal, K. (2007) "A survey of energy drink consumption patterns among college students. *Nutrition Journal* 6:35  
Higgins, J.P, Energy Beverages: Content and Safety.





## Diversidad de rizobios que nodulan eficientemente *Cytisus triflorus* del norte de Argelia

Ahnia, Hadjira<sup>1</sup>; Bourebaba, Yasmina<sup>1</sup>; Boucheffa, Karima<sup>1</sup>

Tutores: Boulila, A. Ghani<sup>1</sup>; Rey, Luis.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología Microbiana, F. de Biología, Universidad Mira Abderrahmane, Bejaia, 06000. Argelia.

<sup>2</sup> Departamento de Biotecnología, E.T.S. I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.

Correo electrónico: djola.anna@hotmail.fr

### RESUMEN

La simbiosis leguminosa-rizobio, se ha aprovechado desde la Antigüedad para fertilizar suelos ya que los rizobios fijan nitrógeno atmosférico a cambio de los fotosintatos en una estructura radicular llamada nódulo. *Cytisus triflorus* es una leguminosa arbustiva que crece en el norte de Argelia. Esta planta es una buena candidata para restaurar suelos pobres y degradados. Su expansión puede favorecerse si se conocen rizobios que la nodulen de forma eficaz. En este trabajo se han aislado y caracterizado 51 cepas bacterianas aisladas de nódulos de *C. triflorus*. Estos aislados se agrupan en 16 perfiles diferentes por PCR-RAPD. El análisis de la secuencia parcial de los genes 16S rRNA, *glnII*, *recA*, *atpD* de un representante de cada perfil mostró que todos los aislados pertenecen al género *Bradyrhizobium*; 10 representantes se agrupan con *B. japonicum*, 2 con *B. canariense* y 2 formarían un nuevo linaje dentro del género *Bradyrhizobium*.

**Palabras clave:** Simbiosis, *Cytisustriflorus*, *Bradyrhizobium*

### INTRODUCCIÓN

Muchos estudios han demostrado el poder de las legumbres en la restauración, revegetación de áreas degradadas y la fertilización de suelos pobres a través de la asociación simbiótica con *Rhizobium* (Domergue, 2006). Esta simbiosis ofrece cada año en todo el mundo, una cantidad equivalente al nitrógeno disponible por síntesis química. El Mediterráneo tiene una flora muy rica en leguminosas adaptadas a diferentes suelos y condiciones climáticas. La tribu de leguminosas *Genisteae* tiene una gran importancia ecológica, ya que coloniza bosques degradados y regiones deforestadas (Lograda et al., 2009). Es en este contexto, nuestro trabajo se centra en el aislamiento, purificación y caracterización filogenética de bacterias que nodulan *Cytisus triflorus*, que son arbustos o pequeños árboles con hojas, generalmente trifoliadas, con estípulas reducidas o nulas, y flores de color amarillo.

Los sitios de muestreo de nódulos se realizaron en dos lugares de la región de Bejaia: Quedess y Saket distanciados 20 km a lo largo de la costa.

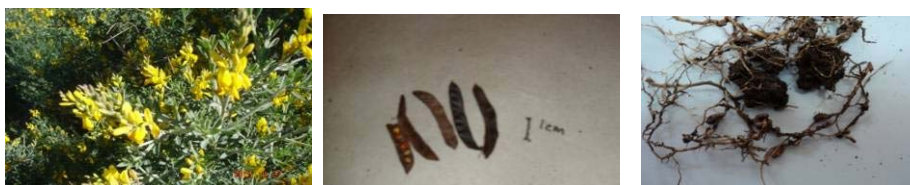
### MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio abarca 51 cepas bacterianas aisladas de 42 nódulos de raíces de *Cytisus triflorus* cuya capacidad de renodular la planta huésped fue comprobada. La purificación de ADN total se obtuvo a partir de cultivo en placa: Se añadieron 20 ul de solución de lisis (0,25% de SDS y 0,05 M de NaOH, 950 ml de H<sub>2</sub>O milliQ) a masa celular sacada con asa de siembra, se incubó 15 min a 95 ° C, a continuación se mezcló con 100 ul de agua destilada estéril, se centrifugó a 13.000 rpm durante 5 minutos y se recuperó el sobrenadante donde se cuantificó el ADN mediante espectrofotómetro (ND-1000).



La PCR fue optimizada en un volumen de 25  $\mu$ l que contenía tampón de PCR 10 $\times$ , 2.5  $\mu$ l de cloruro de magnesio (Roche AppliedScience), 10 mM de cada dNTP, 10 pM de cada cebador, 1  $\mu$ l de DMSO y 2,5 U de Taq ADN polimerasa (Roche AppliedScience). Las condiciones de PCR y las secuencias de los oligos empleados para amplificar los genes 16S, *recA*, *glnII* y *nodC* se encuentra en Sánchez-Cañizares et al., 2011. Los productos de la amplificación se separaron por electroforesis en gel de agarosa (1%). La construcción de árboles filogenéticos se llevó a cabo con MEGA 1.5.

**Figura 1. Flores, vainas y nódulos de *Cytisus triflorus***



**Figura 2. Aspecto en placas de YMB de cepas aisladas de *C. triflorus***



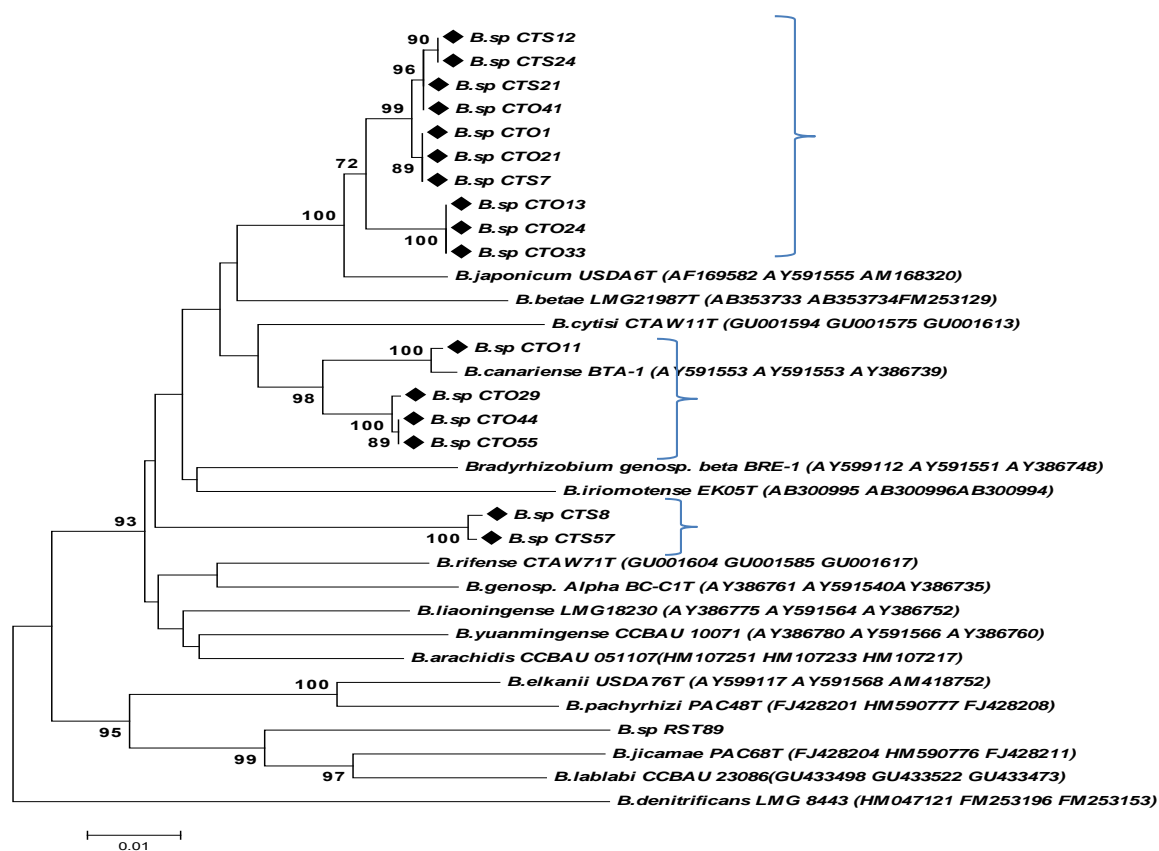
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad de las 51 cepas bacterianas aisladas de *Cytisus triflorus* se agruparon en 16 perfiles mediante RAPD-PCR. Posteriormente se secuenció el gen 16S RNA de un representante de cada perfil y se encontró que todos pertenecen al género *Bradyrhizobium*. A continuación se obtuvo la secuencia de los genes básicos (housekeeping) *recA*, *atpD* y *glnII*, que se han utilizado para estudiar las relaciones filogenéticas dentro del género *Bradyrhizobium*. La construcción de un árbol con estos genes se presenta en la figura 3 y muestra que 10 perfiles se agrupan con la especie tipo USDA6 de *B. japonicum*, 4 con *B. canariense* BTA-1 y por último dos aparecen aparte y próximos a *B. arachidis*. En otros estudios se habían identificado rizobios en el norte de que nodulaban *C. triflorus* (Chaboune et al 2011). La mayoría de estos aislados están próximos a los dos primeros grupos, e incluyen especies como *B. cytisi* y *B. rifense*. Sin embargo el último grupo formado por las cepas CTS8 y CTS57 parece ser un nuevo grupo de *Bradyrhizobium*.

Por otra parte en la caracterización de cepas simbióticas se secuencian genes implicados específicamente en la simbiosis como los genes *nod*. En este trabajo se ha secuenciado *nodC* y el resultado de su análisis filogenético se muestra en la Figura 5. El árbol muestra que se forman dos grupos uno de ellos con la mayoría de los aislados donde se encuentran otras bacterias descritas como endosimbiontes de *C. triflorus* entre las que se ha incluido *B. rifense*. El segundo grupo con tres aislados se encuentra con la cepa *B. canariense* que aunque no corresponde a una planta de *Cytisus* sí está aislada de una especie próxima, *Chamaecytisus proliferus* que también se encuentra en la tribu *Genisteae*.

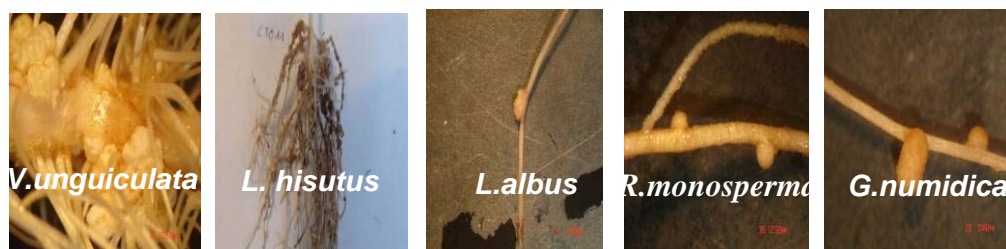


**Figura 3 : Árbol filogenético ML basado en la alineación de 1376 bp de secuencias de nucleótidos de los genes *recA*, *atpD* y *glnII*, concatenados. Se indican los valores « bootstrap » > 60%. Las cepas de este estudio se indican con rombos.**



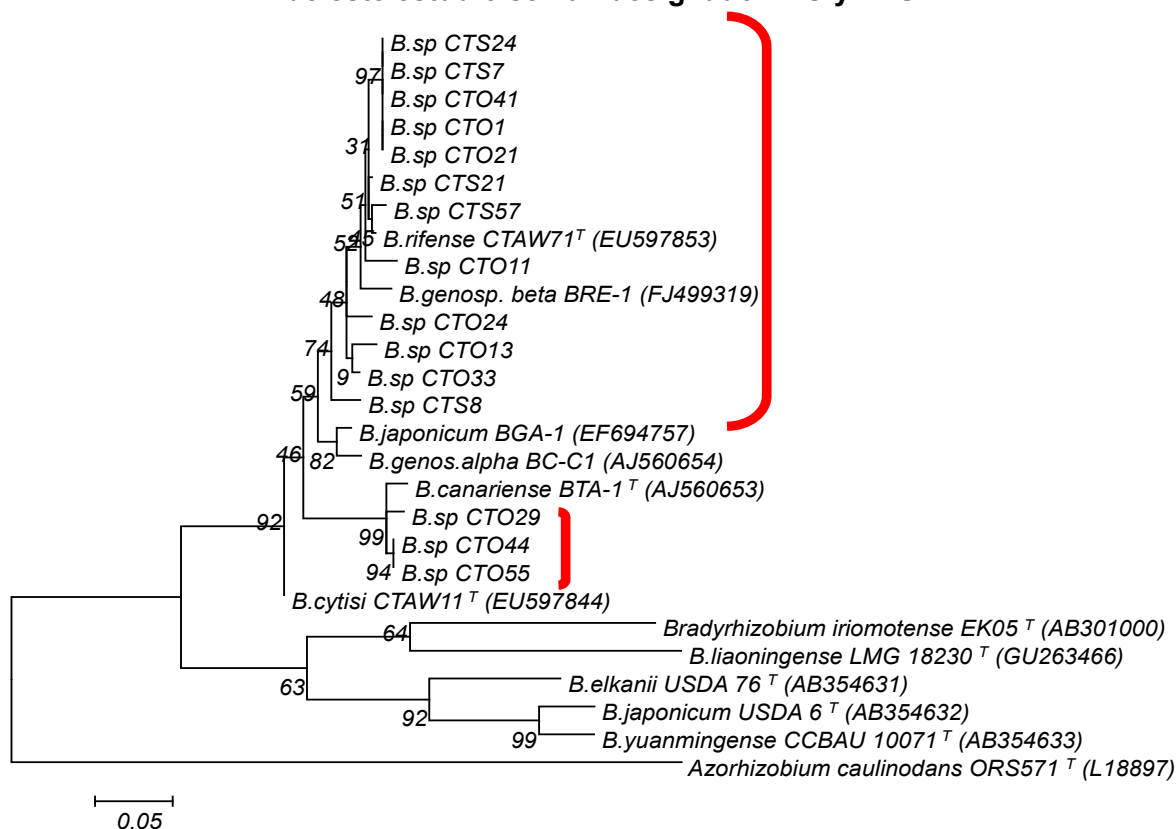
Finalmente en el estudio de estos aislados se ha realizado un ensayo de inoculación cruzada, analizando la formación de nódulos de estas cepas con diferentes planta, obteniéndose resultados positivos con *Retama monosperma*, *Genista numdica*, *Lupinus albus*, *Lupinus hirsutus* y *Vigna unguiculata* como se muestra en la figura 4.

**Figura 4 : Nódulos producidos en un ensayo de inoculación cruzada con la cepa CTO11 aislada de *C. triflorus* y diferentes leguminosas**





**Figura 5 : Árbol filogenético ML basado en la alineación de 512 bp de secuencias de nucleótidos del gen *nodC*. Se indican los valores « bootstrap » > 60%. Las cepas de este estudio se han designado CTO y CTS.**



## CONCLUSIONES

- Se han caracterizado diferentes bacterias procedentes del norte de Argelia capaces de nodular *Cytisus triflorus* y todas pertenecen al género *Bradyrhizobium*.
- EL análisis filogenético realizado en base a los genes básicos *recA*, *atpD*, *glnII* y 16S rDNA de dichas bacterias muestra que se agrupan en tres ramas ligadas: una con la especie *B. japonicum*, otra con *B. canariense* y una tercera con podría formar un nuevo grupo próximo a *B. arachidis*.
- El análisis filogenético realizado en base al gen simbiótico *nodC* presenta dos grupos de cepas unas próximas a *B. canariense* y otras a *B. rifense* que nodulan leguminosas de la tribu *Genisteae*.

## AGRADECIMIENTOS

A los profesores Farida Boulila (Universidad Mira Abderrahmane de Bejaia) y Tomás Ruiz Argüeso (Universidad Politécnica de Madrid) por su consejo y sugerencias y a la AECID por su financiación, proyecto AF12021002.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chaboune, R., Barrijal, S., Moreno, S., & Bedmar, E.J. 2011. Systematic and Applied microbiology 34: 440-445.
- Domergue, O., 2006. Diversité des rhizobia associés à *Ononis repens*: Une légumineuse adaptée aux milieux Méditerranéens. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. Monographies SVT.
- Lograda, T., Chaker, AN., Chalard, P., Ramdani, M., Chalchat, JC., Silini, H. & Figueredo, G. 2009. Asian Journal of plant Sciences 8: 495-499.
- Sánchez-Cañizares, C., Rey, L., Durán, D., Temprano, F., Sánchez-Jiménez P., Navarro, A., Polajnar, M., Imperial, J. & Ruiz-Argüeso, T. 2011. Systematic and Applied Microbiology. 34 :207-215.



## ¿Qué hay detrás de una salida de campo de edafología?

Gutiérrez, Jesús

Tutora: Benito, Marta

*Departamento de Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: [jesus.gutierrez.boada@alumnos.upm.es](mailto:jesus.gutierrez.boada@alumnos.upm.es)*

### RESUMEN

Una salida de campo implica un trabajo previo que no siempre es conocido por el alumno. En este trabajo se pretende mostrar todas y cada una de las fases que supone la preparación de una práctica de campo, a partir de un trabajo concreto de elaboración de un itinerario por el suroeste de la Comunidad de Madrid, del que fui partícipe durante el curso 2011-2012.

La primera fase consiste en buscar un recorrido heterogéneo donde los alumnos puedan observar suelos con características muy contrastadas que les permitan afianzar los conocimientos adquiridos en aula y familiarizarse con ellos.

Una vez elegido el recorrido general, la siguiente fase consiste en seleccionar los puntos concretos de observación y elaborar en campo la ficha de descripción de los perfiles, la zona de muestreo y la toma de muestras para el análisis.

Durante estas fases es importante tener siempre presente la necesidad de encontrar un terreno accesible y seguro para el autocar, puntos donde la observación sea viable para un grupo grande de personas y zonas de servicios habilitadas también para ello.

La tercera fase consiste en realizar los análisis de las muestras y la elaboración de datos, mapas y fotos aéreas con los que se genera un guión de la salida que se entregará a los alumnos en su momento.

Por último, en los días previos a la salida se realiza el recorrido completo para refrescar los perfiles, comprobar anomalías y evitar imprevistos.

**Palabras clave:** *Edafología, Práctica campo, Aprendizaje activo*

### INTRODUCCION

Durante el curso 2011-2012 tuve la oportunidad de disfrutar de una beca para trabajar en el proyecto de innovación educativa que llevaba por título "Optimización del aprendizaje en las prácticas de campo de Edafología y desarrollo de estrategias y herramientas de evaluación" y que fue realizado en el Departamento de Edafología por el grupo de innovación educativa edu-Soil. A lo largo de 10 meses estuvimos trabajando en la manera de preparar y mejorar una salida de campo en un itinerario aproximadamente fijado por la zona suroeste de la Comunidad de Madrid (Brunete, San Martín de Valdeiglesias, Chapinería y Villa del Prado), en los alrededores del río Alberche.

La finalidad del trabajo era convertir la salida en una actividad atractiva y provechosa para el alumno así como productiva en el marco de la organización. De esta forma se buscaba que el alumno dispusiese de materiales previos suficientes para entender los conceptos de edafología y génesis de suelos, ya estudiados en el aula, sobre los que se iba a trabajar y así se implicase con mayor facilidad. Consecuentemente se trataba de inducir a todos los alumnos a interactuar con el terreno mediante observaciones visuales y táctiles que puedan predecir el comportamiento del suelo. Dicho de otro modo, inducirles a mirar y mancharse las manos, que es en definitiva el objetivo final de una salida de campo. A su vez, y acorde a todo lo anterior, se buscaba que la salida resultase



productiva en el sentido de organización de horarios, lugares y formas de acceso y de conocimiento en profundidad del área de estudio. Compensando de este modo el esfuerzo logístico, humano y económico que supone.

En determinadas temáticas, las prácticas de campo son fundamentales para enriquecer y reforzar el conocimiento y la formación del alumno. Este es el caso de la Edafología, para la que las excursiones tienen un valor de aprendizaje especial. La inclusión del trabajo de campo en el plan de estudios significa además de una "oportunidad única" para estudiar el mundo real, un incremento en el interés, actitud, motivación y confianza de los alumnos (Fuller et al 2006; Boyle et al 2007).

Una salida de campo implica un trabajo previo que no siempre es conocido por el alumno. En este trabajo se pretende mostrar todas y cada una de las fases que supone su preparación.

## FASES PARA LA PREPARACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE CAMPO DE EDAFOLOGÍA

Las fases que a continuación se describen son, de manera general, las llevadas a cabo para la preparación de una salida de campo de Edafología

### FASE I: Búsqueda del recorrido a realizar. Preparación de información previa en gabinete.

Basándose en experiencias previas y siempre buscando contrastados materiales geológicos, distinta geomorfología y cultivos se elige una zona de estudio dentro de la Comunidad de Madrid para que la práctica permita una duración máxima de 8 horas.

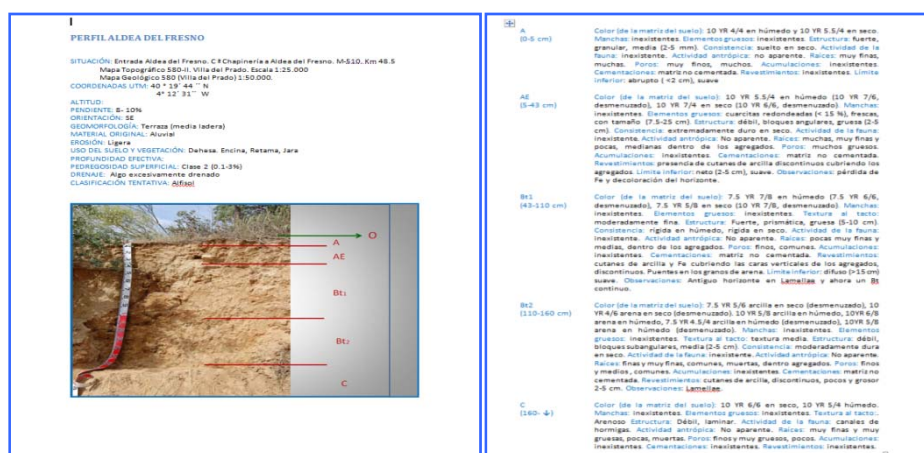
Esta primera fase necesita de material de apoyo: mapas, estudios de la zona que incluya entre otras, información relativa a los usos del suelo, climatología, degradación del suelo, procesos erosivos,.....

### FASE II: Salida de campo para la descripción de perfiles, muestreo y elaboración de material audiovisual (fotos, video, dibujos de perfiles...).

En esta fase son necesarias varias salidas para situar, abrir y realizar la descripción de los perfiles y la toma de muestras que posteriormente son analizadas en el laboratorio. Las operaciones que se llevan a cabo son: apertura del perfil, identificación y descripción de horizontes, descripción de rasgos edafológicos relevantes, toma de muestras de cada horizonte y estimación de fragmentos rocosos en campo.

Se lleva a cabo también la toma de fotos y tomas de video para hacer un montaje audiovisual.

#### Imagen 1. Resultados Fase II. (Ficha de descripción del perfil)







Durante esta fase es importante tener siempre presente la necesidad de encontrar un terreno accesible y seguro para el autocar, puntos donde la observación sea viable para un grupo grande de personas y zonas de servicios habilitadas también para ello.

### FASE III: Análisis de muestras en el laboratorio y elaboración de fichas de cada punto de muestreo.

Se lleva a cabo un análisis físico y químico de las muestras. Primero se dejan secar a temperatura ambiente, se pasan por un tamiz de 2 mm, se pesan los elementos gruesos y una parte de la muestra tamizada se muele. Posteriormente se realizan análisis y estimaciones de materia orgánica, carbonato cálcico, conductividad eléctrica y pH. Al finalizar este apartado se tiene un análisis completo de las muestras que se dispondrán en tablas. Además, se genera un guión de la salida que se entregará a los alumnos en su momento, se preparan esquemas, mapas u otro material impreso plastificado que será utilizado en el campo.

Imagen 2. Resultados Fase III. (Ficha de datos analíticos del perfil)

Propiedades químicas						
Horizontes (profundidad)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CE (µS/cm)	Caliza total (%)	C org (g)	MO (%)
A (0-5 cm)	6.40	5.87	158.3	insapreciable	3.08	5.27
AE (5-43 cm)	5.63	5.23	665	insapreciable	0.39	0.67
Bt1 (43-110 cm)	6.30	4.27	30	insapreciable	0.08	0.14
Bt2 (110-160 cm)	5.79	4.88	345	insapreciable	0.03	0.05
C (160 cm ↓)	6.50	5.60	49.4	insapreciable	0.07	0.12

Granulometría					
Horizontes (profundidad)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural (USDA)	Elementos gruesos (% p/p)
A (0-5 cm)	72	24	4	Franco Arenosa	1.2
AE (5-43 cm)	77	17	6	Arena Franca	4.9
Bt1 (43-110 cm)	60	23	17	Franco Arenosa	5.6
Bt2 (110-160 cm)	79	10	11	Franco Arenosa	2.1
C (160 cm ↓)	84	9	7	Arena Franca	5.0

Imagen 3. Resultados Fase III. (Guión de la salida de campo)

EDAFOLÓGIA  
PRÁCTICAS DE CAMPO  
Recorrido geológico por el suroeste de la Comunidad de Madrid.  
Suroeste: Cuadrante Alcaz del Fresno-Villa del Prado-Rozas de Puerto Real.  
Fuente: Imágenes geológicas de la Comunidad de Madrid. Dirección General de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 2008.

LEYENDA LITOLÓGICA

PRIMERA PARADA: BRUNETE  
M-501: Km 15.5  
Mapa Topográfico 668-IV Villavieja de Odon. Escala 1:25.000

Mapa Geológico 668 (Maestros) 1:50.000

LEYENDA

Ordo en Ingeniería y Ciencia Agronómica  
Asignatura EDAFOLOGÍA  
Curso 2012-13. Primer cuatrimestre.  
PRÁCTICAS DE CAMPO

Fecha: lunes  
Lugar de salida: aparcamiento delantero (ETSI Agrónomos)  
Hora de salida: 9:00 h.  
Hora de regreso: 18:30 h.  
Profesores responsables:

PRIMERA PARADA: BRUNETE  
Arcosas en cuenca sedimentaria

Lugar: Vía de servicio CP M-501. Salida Km 14.5.  
• Clasificación litológica: ALBACAL.  
• Localización en Mapa Topográfico 668-IV: 1: 25.000.  
• Localización en Mapa Geológico 668 (Maestros) 1: 50.000.  
• Localización en fotografía aérea.

Aspectos generales a observar:

- Litología: lomas.
- Temaz: Localización en las masas.
- Uso del suelo: cultivo intensivo abandonado. Otros usos: graneros, urbanización.
- Contexto: zona cultivada y zona abandonada: pérdida de suelo por erosión, erosión hídrica y mecánica.

Parte alta de la ladera

- A destacar:
  - Discontinuidad litológica.
  - Litología 1: conglom. procedente de la rotura de la temaz (gravas).
  - Litología 2: arcosas claras de grano grueso.

Perfil de suelo 1: Suelo en la parte baja de la ladera

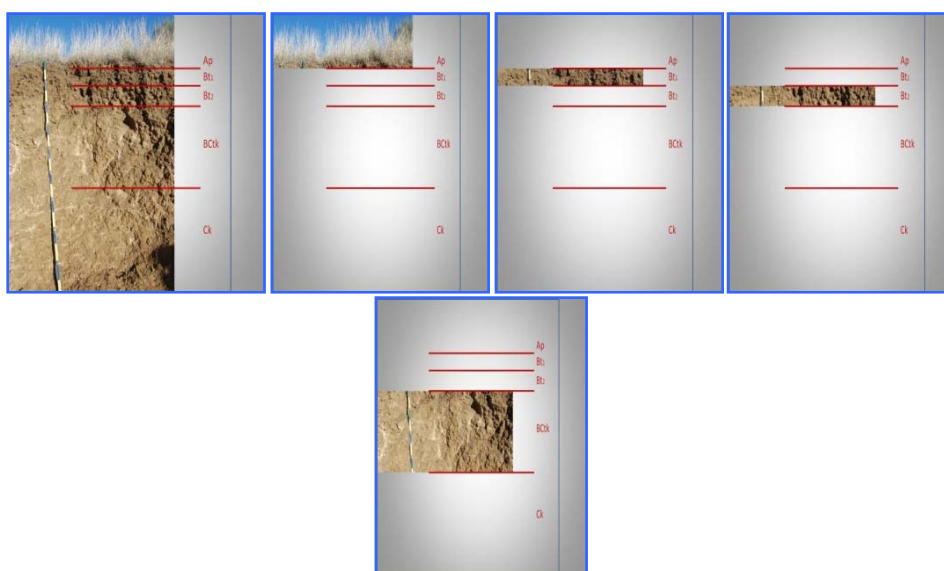
- Clasificación litológica: ALBACAL.
- Uso: cultivo abandonado.
- Vegetación: arbusto (Retama sphaerocephala).
- Secuencia de horizontes (perfil): A / Bt / Bt2 / C / D.
- A destacar:
  - Litología: arcosas pedas de grano fino.
  - Estructura.
  - Consistencia.
  - Unificación de arcilla. Guías de arcilla.
  - Suelos arcillosos.
  - Línea de piedras (stone line). Discontinuidad litológica.



Con toda la información obtenida, se elaboran posteriormente preguntas de distintos tipos sobre los datos, las fotos y los esquemas de los perfiles, que aun presentándose como juegos, motivan al alumno a relacionar el material de campo con lo aprendido en el aula.

Los ejercicios propuestos son diseñados para estimular y hacer pensar. Se plantean así cuestiones relativas a las observaciones de campo que resulten entretenidas y proporcionen información valiosa para el aprendizaje. Los estudiantes deben ser capaces de relacionar los procesos de formación del suelo con su clasificación. Entre los ejercicios que el alumno debe resolver destacan los que tienen por objeto encontrar los errores en la descripción de un perfil, completar espacios en blanco u ordenar los horizontes hasta formar el perfil de estudio. Para su resolución cuenta con todo el material de la salida de campo previamente descrito, así como bibliografía y apuntes de clase.

**Imagen 4. Resultados Fase III. (Ejercicios planteados a los alumnos)**



#### **FASE IV: Salida de control.**

Por último, en los días previos a la salida se realiza el recorrido completo para refrescar los perfiles, comprobar anomalías y evitar imprevistos de última hora.

### **CONCLUSIONES**

Cuando un alumno madruga, se levanta, y en torno a las 8 de la mañana se sube en el autobús dispuesto a iniciar una jornada de aprendizaje sobre la edafología a pie de campo, no puede imaginarse el trabajo de estudio y análisis que ha tenido que llevarse a cabo previamente para que la salida pueda realizarse y resulte satisfactoria y fructífera.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Boyle, A., Maguire, S., Martin, A., Milsom, C., Nash, R., Rawlinson, S., Turner, A., Wurthmann, S. and Conchie, S. (2007) Fieldwork is good: the student perception and the affective domain. *Journal of Geography in Higher Education*, 31, 299-317.
- Fuller, I., Edmonson, S., France, D., Higgitt, D. and Ratinen, I. (2006) International perspectives on the effectiveness of geography fieldwork for learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 30, 89-1





## Que no se te queme el café: supervision termográfica

Bustos Medina, Raquel<sup>1</sup>; Diezma, Belén<sup>2</sup>

Tutores: Moya González, Adolfo<sup>2</sup>; Díaz Barcos, Virginia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> E.U.I.T. Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología Aplicadas a la Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid

Correo electrónico: r.bustos@alumnos.upm.es

### RESUMEN

El proceso de transformación que se realiza en la industria tostadora sobre la cual se va a realizar el estudio termográfico de las instalaciones, consiste en la recepción de café de la especie arábica, tueste natural, molido, envasado, almacenamiento y distribución del producto terminado. El presente trabajo describe la supervisión térmica sobre los puntos susceptibles de acumulación de residuo (tegumento del grano), con el objetivo de evitar que se produzca un sobrecalentamiento excesivo que puede derivar en riesgo de incendio.

**Palabras clave:** Termografía, Industria, Mantenimiento

### INTRODUCCION

El presente trabajo ha sido desarrollado en colaboración con la empresa SUPRACAFÉ, dedicada al tostado y comercialización de café y situada en Móstoles.

La operación de tostado de café suele realizarse en el país de consumo. Ésta consiste en el proceso térmico al que se ve sometido el café verde mediante el cual se desarrollan las características organolépticas del café. El proceso de tostado suele durar entre 12 – 18 minutos, tiempo en el que se llega a alcanzar una temperatura próxima a 200 °C en el interior del bombo de tueste.

El fruto de café maduro está compuesto por varias capas que protegen las semillas, es decir los granos de café. Aunque tras la cosecha, el fruto es sometido a un tratamiento previo en origen con el fin de eliminar todas estas capas, sobre el café verde y especialmente en la zona del corte central del grano siguen quedando adheridos restos de la membrana plateada fina que recubre la semilla y que se conoce con el nombre de tegumento (Imagen 1). Estos restos se desprenden del grano durante el tostado, siendo arrastrados por el aire durante el proceso de recirculación y pudiendo quedar acumulados en codos u otros elementos. Este material acumulado es inflamable por lo que su depósito en zonas de muy elevada temperatura como el quemador puede ocasionar un incendio, como ya ha ocurrido con anterioridad según la información facilitada por la empresa.

**Imagen 1. Grano de café verde con acumulación de tegumento. Restos de tegumento producidos durante el proceso de tostado.**





La termografía es una técnica no invasiva que permite determinar la temperatura de cualquier objeto o superficie sin necesidad de entrar en contacto con ella y generar una imagen visible a partir de ésta, estableciendo una paleta de colores según la temperatura determinada para cada uno de los puntos de la imagen. Estas características hacen que sea una técnica muy utilizada en la industria agroalimentaria para determinar la distribución de las temperaturas durante procesos de cocción (Vadivambal y Jayas 2011).

## MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo el estudio se ha empleado la cámara termográfica FLIR T425, de 320 x 240 píxeles de resolución y detector no refrigerado. Esta cámara permite la medición dentro de un intervalo de temperatura que va desde -20 °C hasta 1200 °C.

La cámara termográfica registra la radiación infrarroja (IR) recibida desde los objetos a medir, generando con ello una imagen radiométrica. Para la asociación de los niveles de radiación IR con la temperatura de los objetos, la cámara se basa en la fórmula de Stefan-Boltzmann (Ecuación 1) que establece que “la potencia emisiva de un cuerpo negro ( $W$ ) es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta ( $T$ )”. Además de ésta, es necesario tener en cuenta parámetros como la emisividad, la temperatura reflejada, la distancia al objeto, la temperatura ambiente y la humedad relativa. Los tres últimos parámetros mencionados determinan la radiación IR que será absorbida por la atmósfera en su camino desde el objeto a medir hasta la cámara. La radiación absorbida por la atmósfera cuando el objeto a medir se encuentra muy próximo, como en el caso presentado donde las distancias de medición no superan los 5m, resulta despreciable.

$$W = \sigma \cdot T^4$$

Ecuación 1: Fórmula Stefan-Boltzmann donde  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ , es la constante de Stefan-Boltzmann

La radiación total recibida por un cuerpo puede ser absorbida ( $W_\alpha$ ), reflejada ( $W_\rho$ ) o transmitida a su través ( $W_\tau$ ) (Ecuación 2). Un cuerpo negro es un objeto ideal que absorbe toda la energía de la radiación infrarroja incidente ( $\alpha=1$ ), según la ley de Kirchhoff, la capacidad del cuerpo en equilibrio térmico para emitir energía es igual a la de absorberla y por lo tanto, para un cuerpo negro la emisividad ( $\epsilon$ ) será igual a la unidad ( $\alpha=\epsilon=1$ ).

$$W = W_\alpha + W_\rho + W_\tau, \text{ simplificando, } 1 = \alpha + \rho + \tau$$

Ecuación 2: Fórmula de la radiación total recibida por un cuerpo

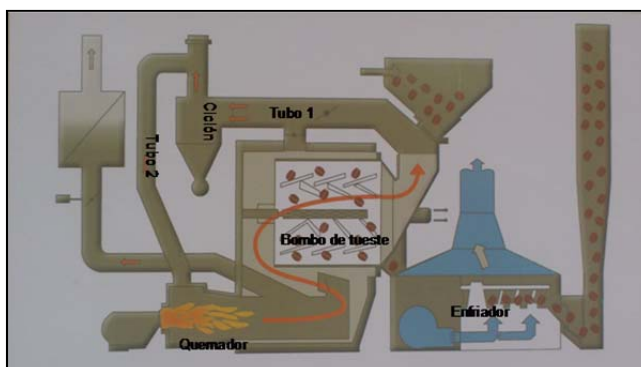
En un cuerpo real no toda la energía es absorbida-emitida,  $\epsilon < 1$ . Así pues, la emisividad se define como la relación entre la radiación emitida por un objeto real y la que emitiría si fuese un cuerpo negro a la misma temperatura y longitud de onda. La emisividad de los materiales a medir y la temperatura reflejada resultan en este caso parámetros críticos a la hora de determinar la temperatura con precisión ya que los materiales que encontramos en la industria presentan bajas emisividades (con lo que reflejan una gran parte de la radiación IR) y las temperaturas reflejadas presentan un amplio rango de variación (al encontrar en la industria elementos con temperaturas muy diferentes).

Para poder determinar la temperatura de los distintos puntos a supervisar con precisión se colocaron parches de papel de aluminio arrugado en distintas posiciones; el papel de aluminio refleja la mayor parte de la radiación por lo que nos permite determinar la temperatura reflejada de forma difusa en cada una de las zonas. Por otra parte se colocó cinta aislante de vinilo negro (3M Temflex™) con una elevada emisividad ( $\epsilon=0,96$ ) en las zonas a supervisar. La medición sobre un material de alta emisividad en contacto estrecho con la superficie a medir y el conocimiento de la temperatura reflejada permite la determinación de las temperaturas del objeto de interés de forma precisa.



Los ensayos se han realizado sobre una tostadora automática con sistema tambor (Figura 1), en la cual el aporte de calor al producto se realiza por convección de aire caliente. Para optimizar energéticamente el proceso, el aire caliente se mueve mediante un sistema de recirculación, en el que el aire, cargado con el tegumento desprendido del grano, se extrae del bombo a través de un conducto (Tubo 1), conectado en el extremo opuesto con un ciclón, donde el tegumento será separado del aire y recogido en su parte inferior, mientras que el aire libre de sólidos continúa a través del Tubo 2, hasta el quemador para su entrada en el bombo de tueste nuevamente. El quemador, calienta el circuito de aire a los niveles de temperatura deseados mediante un sistema de control. El proceso se controla habitualmente por temperatura y no por tiempo, pudiéndose variar la intensidad del quemador en función de las necesidades de tostado.

**Figura 1. Esquema de la tostadora automática de café con sistema de tambor.**



Si la eliminación de sólidos por parte del ciclón no es un proceso totalmente efectivo, parte del tegumento o cascarilla puede superar este elemento y continuar junto con el aire a recircular, tanto más cuanto mayor sea el contenido del grano a tostar. Estos sólidos son susceptibles de provocar depósitos en las conducciones, especialmente en codos donde se producen mayores variaciones de velocidad del aire en la sección. En este sentido, el codo situado en el Tubo 2, inmediatamente antes de la entrada al quemador resulta un punto especialmente susceptible, con el añadido de que por su proximidad al quemador, una vez se acumula cierta cantidad de material, éste puede llegar a inflamarse provocando un incendio en las instalaciones.

**Imagen 2. Vistas Tubo 1 y Tubo 2.**





En el presente trabajo se supervisaron las temperaturas de distintas zonas de la línea de recirculación del aire: en el Tubo 1 se hizo un seguimiento en dos de sus codos (Imagen 2, superior) uno de ellos colocado en el primer tramo de la tubería a la salida del aire del bombo y tras el ventilador (Codo 1), y el otro en el último tramo antes de la entrada al ciclón (Codo 2). En el Tubo 2 (Imagen 2, inferior) se supervisó el mencionado codo que precede la entrada al quemador.

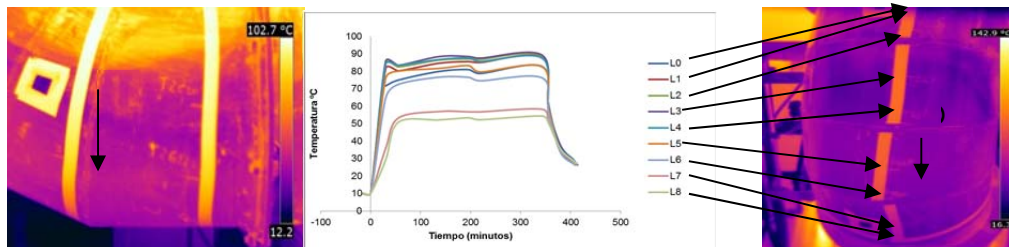
Sobre estos elementos se llevó a cabo la adquisición periódica de imágenes térmicas durante las diferentes etapas del ciclo de tostado (antes del arranque, durante el proceso de tostado y tras la parada)

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de las imágenes adquiridas permite observar algunos efectos a tener en cuenta, como el efecto disipador de calor que producen las juntas de los tubos de conducción. Los resultados obtenidos no mostraron gradientes de temperaturas indicativos de acumulación de material en los codos del Tubo 1.

En las imágenes térmicas del codo situado en el Tubo 2, antes de la entrada al quemador, se observa un gradiente de temperatura descendente entre la parte superior e inferior (Figura 2), que se hace notable durante la fase de tostado en la cual la temperatura en la parte superior es sustancialmente más alta que en la parte inferior, pudiendo llegar a haber una diferencia de hasta 50 °C, durante los primeros tostados de la mañana, para irse reduciendo a lo largo de los tostados sucesivos, llegando incluso a invertirse durante el enfriamiento producido cuando finalizan los tostados y el quemador deja de funcionar (Figura 2). Este comportamiento puede ser debido a la acumulación de material en esta zona.

**Figura 2. Representación grafica del gradiente térmico existente en el codo del Tubo2.**



## CONCLUSIONES

Debido a que el codo del Tubo 2 es una zona claramente identificada de acumulación de tegumento, se propondrá un sistema sencillo de mantenimiento de la instalación para evitar que la acumulación de gran cantidad de residuo pueda provocar que, en un momento dado, debido a la cercanía del quemador a esa zona en la que además la velocidad del aire de recirculación es menor, se pueda producir la formación de llama que derive en incendio.

Uno de los aspectos en los que se pretende profundizar es en el establecimiento de un modelo capaz de relacionar los gradientes de temperatura producidos en cada una de las fases con la cantidad de material acumulado. Para ello se continúan desarrollando ensayos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el interés y disponibilidad, que ha mostrado en todo momento la empresa SUPRACAFÉ, en cuyas instalaciones se ha llevado a cabo el estudio experimental.

## BIBLIOGRAFIA

Vadivambal R., Jayas D. S. 2011. Food and Bioprocess Technology 4 (2):186-199.

## **SESIÓN P2**





## Sustratos orgánicos sostenibles para sistemas de jardines verticales

López-Rodríguez, Glennny

Tutor: Masaguer-Rodríguez, Alberto

Departamento de Edafología. E.T.S. I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Correo electrónico: gl.lopez@alumnos.upm.es

### RESUMEN

La disminución de áreas verdes en las ciudades causada por el acelerado proceso de urbanización repercute en crecientes problemas medioambientales. En respuesta a esta situación, se sugiere el diseño de ciudades sostenibles donde se implemente la vegetación, se recicle, se reutilice y se reduzcan los residuos orgánicos generados. El objetivo del presente trabajo es estudiar el comportamiento de sustratos orgánicos, elaborados de corteza de pino compostada, fibra de coco y restos vegetales compostados mezclados en diferentes proporciones. Se ha establecido un ensayo en la finca El Encín (IMIDRA, Comunidad de Madrid) en sistema de jardinería vertical con vegetación tapizante (*Frankenia laevis* L. y *Pachysandra terminalis* Siebold & Zucc.). Se realiza un estudio comparativo de los sustratos, se evalúan sus propiedades físico-químicas e hidrofísicas y el comportamiento de la vegetación. El seguimiento vegetal permite conocer la valoración de los sustratos y si cumplen con su función de soporte, suministro de agua y nutrientes. Preliminarmente, los sustratos muestran comportamiento adecuado para el desarrollo de plantas en jardín vertical.

**Palabras claves:** Naturación urbana, Residuos orgánicos, Sostenibilidad

### INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades ha traído consigo la disminución de las áreas verdes en la zona urbana, lo que repercute en el deterioro de las condiciones medioambientales. Esta situación obliga a una planificación urbana con un medioambiente más favorable, incorporando vegetación en el entorno de convivencia. La calidad de vida de los habitantes de una zona urbana depende en gran parte de la existencia de los espacios verdes, por lo que es cada vez más necesario la disposición y creación de más áreas destinadas a la vegetación en el entorno de convivencia (Briz, 2004). El concepto de jardines verticales constituyen una de las formas más innovadoras de naturación urbana. Actualmente, los jardines verticales o “muros verdes” en las edificaciones constituyen las formas más innovadoras de naturación (Terapia Urbana, 2013). En esta modalidad se requiere el uso de un medio de cultivo dispuesto en un contenedor o soporte rígido con capacidad de sostener la vegetación en techos, fachadas o paredes (exteriores o interiores); que a su vez proporcione una optima relación agua/oxígeno en el sistema radicular y permita un desarrollo vegetal satisfactorio (Baixauli y Aguilar, 2002).

El avance tecnológico en la agricultura ha dado lugar al empleo de los sustratos, siendo los más utilizados en jardinería los del tipo orgánico ya que brindan la posibilidad de instalación en cubiertas de edificios debido a sus propiedades físicas y ligereza. Uno de los componentes de sustrato más utilizado es la turba de *Sphagnum spp*, sin embargo, razones medioambientales y económicas han justificado invertir muchos esfuerzos e investigar en otros materiales alternativos a este recurso no renovable (Guerrero y Masaguer, 2004). Los residuos orgánicos provenientes de actividades agrícola, forestal y urbana, solos o mezclados (con componentes orgánicos o inorgánicos), que precisan de un manejo pueden ser utilizados en la elaboración de sustratos, pero para establecer su aptitud y utilidad es fundamental conocer sus propiedades químicas, físicas e hidrofísicas (Ansorena, 1994). El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento de sustratos eco-compatibles en





sistemas de jardinería vertical, empleando únicamente sustratos orgánicos, optimizando la retención de agua y nutrientes en el sistema.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se estableció a inicios de abril 2012 en la finca El Encín del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), en Alcalá de Henares, Comunidad de Madrid, entre las coordenadas 40°31'33" N y 3°17'22" W, a una altitud de 610 msnm. La zona presenta temperaturas medias anuales máximas y mínimas absolutas de 39°C y -8°C, respectivamente y registra unos 433 mm de lluvia anual (SIGA, 2013).

Los sustratos se colocaron en sacos alargados con capacidad para 9 litros, se dispusieron dos sacos dentro un panel rígido. Se utilizaron cinco sustratos en diferentes proporciones: 1) corteza compostada + fibra de coco (JV<sub>3</sub>), 2) fibra de coco + corteza compostada (JV<sub>4</sub>), 3) fibra de coco + poliestireno expandido (testigo) (JV<sub>5</sub>), 4) restos vegetales + corteza compostada (JV<sub>6</sub>) y 5) restos vegetales + fibra de coco (JV<sub>7</sub>); con una composición volumétrica de 70%-30%, respectivamente. Como vegetación se empleó plantas con alta capacidad tapizante: a) *Frankenia laevis* y b) *Pachysandra terminalis*. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro bloques y cinco tratamientos (sustratos), con un total de 40 unidades experimentales (10 paneles por bloque, 5 sustratos y 2 plantas).

Inicialmente, el ensayo se estableció en un invernadero colocando los paneles sobre mesas en forma plana, luego del enraizamiento de la vegetación se inclinaron a 45° y al cabo de dos meses se dispusieron en el exterior sobre una pared (Imagen 1). El suministro de agua se realizó con riego por goteo en el invernadero y por la parte superior de los paneles situados en posición horizontal. Los nutrientes se incorporaron al sustrato dentro los sacos, adicionando 4 g L<sup>-1</sup> de fertilizante Osmocote Exact® de liberación lenta con longevidad de 8-9 meses y con una aportación de 0,6 g de N por litro.

**Imagen 1. Disposición de los paneles en forma vertical (Jardín vertical)**



Las determinaciones analíticas de los sustratos se están realizando en el Departamento de Edafología de la ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Se utilizaron procedimientos metodológicos según la normativa europea UNE para la caracterización física y química de mejoradores de suelos y sustratos de cultivos (Tabla 1).

**Tabla 3. Normas europeas para la caracterización física y química de enmiendas orgánicas y sustratos de cultivos.**

Referencia	Determinación Analítica
UNE-EN 13037:2001	Determinación del pH.
UNE-EN 13038:2001	Determinación de la conductividad eléctrica (CE).
UNE-EN 13040:2001	Preparación de la muestra: ensayos físicos y químicos
UNE-EN 13041:2001	Determinación de propiedades físicas: densidad aparente, volumen del aire y porosidad total.
UNE-EN 15428:2008	Determinación de la granulometría de partículas





Fuente: UNE-EN (AENOR), 2000-2008.

El análisis experimental de los datos se realizó utilizando en el programa estadístico *Statgraphics* mediante un análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) para detectar diferencias entre las medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización física y química de los sustratos evaluados permitió obtener la información indicada en la tabla 2.

**Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de los sustratos evaluados en un jardín vertical con vegetación tapizante.**

Sustrato	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Da (Kg m <sup>-3</sup> )	dr (Kg m <sup>-3</sup> )	EPT (%)	$\Sigma P < 1\text{mm}$ (%)
JV <sub>3</sub>	5,5 a*	0,46 ab	440 c	2210 b	81,0 a	47,7 b
JV <sub>4</sub>	6,3 b	0,70 c	139 ab	1812 ab	92,3 ab	39,2 a
JV <sub>5</sub>	6,2 b	0,40 a	77 a	1843 ab	95,8 b	59,2 d
JV <sub>6</sub>	8,0 d	0,49 b	169 ab	1732 a	90,0 ab	52,9 c
JV <sub>7</sub>	7,4 c	0,40 a	267 ab	1796 ab	85,1 ab	58,8 d

\* Medias con una letra común en una misma columna no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ), Tukey HSD. JV<sub>3</sub>= corteza compostada+ fibra de coco, JV<sub>4</sub>= fibra de coco+ corteza compostada, JV<sub>5</sub>= fibra de coco+ poliestireno expandido (testigo), JV<sub>6</sub>=restos vegetales+ corteza y JV<sub>7</sub>= restos vegetales+ fibra de coco. CE= conductividad eléctrica, Da= densidad aparente, dr=densidad real, EPT= espacio poroso total y  $\Sigma P < 1\text{mm}$ = sumatoria de partículas menores a 1mm.

Los valores de pH registrado en los sustratos JV<sub>3</sub>, JV<sub>4</sub> y JV<sub>5</sub> se encontraron dentro de los niveles óptimos aconsejados para el manejo de cultivo en sustratos. En ese sentido, las medias superiores de pH se registraron en JV<sub>6</sub> y JV<sub>7</sub> (Tabla 2). Baixauli & Aguilar (2002) destacan que el nivel óptimo de pH para cultivo sin suelo se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8, en este rango se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes.

En cuanto a la CE, el sustrato JV<sub>4</sub> presentó valores de CE significativamente mayores ( $p \leq 0.05$ ), con respecto a los demás sustratos. Los promedios de CE oscilaron entre 0,4 y 0,7 dS m<sup>-1</sup> (Tabla 2). Un contenido elevado de sales en el sustrato puede causar problemas debido a toxicidad por algunos elementos que se encuentren en cantidades excesivas, o por aumento del potencial osmótico que causa dificultades en la planta para obtener agua. Bunt (1988) establece entre 2,0 y 3,5 dS m<sup>-1</sup> como nivel de salinidad satisfactorio para la mayoría de las plantas.

Los resultados correspondientes a la Da, dr y EPT se muestran en la tabla 1. El sustrato JV<sub>3</sub> presentó una densidad aparente mayor (440 Kg m<sup>-3</sup>) y un menor espacio poroso total (81%). Por el contrario, el sustrato testigo (JV<sub>5</sub>), mostró el valor más bajo significativamente ( $p \leq 0.05$ ) de Da (78 Kg m<sup>-3</sup>) y el más alto de EPT (96%). De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 2) los valores de densidad aparente, densidad real y espacio poroso total se encuentran dentro de los óptimo descritos por Abad *et al.* (2004).

En el análisis granulométrico se observó que la fracción de partículas con diámetro menor a 1 mm (Tabla 2) fue estadísticamente superior en los sustratos JV<sub>5</sub> y JV<sub>7</sub>. Estos dos sustratos junto con el JV<sub>6</sub> destacan porque sus mezclas presentan más del 50% de sus partículas con diámetro superiores a 1 mm (Tabla 2).



En la tabla 3 se presentan los promedios correspondientes a los porcentajes de materia orgánica (MO), carbono (C), nitrógeno (N) y la relación carbono-nitrógeno (C/N).

**Tabla 3. Valores medios de porcentajes de materia orgánica (MO), carbono (C), nitrógeno total (N) y la relación carbono-nitrógeno (C/N) en sustratos estudiados.**

Sustrato	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N
JV <sub>3</sub>	52,6	30,5	0.4	78.2
JV <sub>4</sub>	57,7	33,5	0.5	67.6
JV <sub>5</sub>	69,4	40,2	1.3	30.2
JV <sub>6</sub>	38,0	22,1	0.8	26.5
JV <sub>7</sub>	42,9	24,9	0.8	31.1

El porcentaje de materia orgánica (MO) varía en función de la naturaleza de las mezclas empleadas. La MO fue mayor en JV<sub>4</sub> y JV<sub>5</sub> (58% y 69%, respectivamente), donde la aportación de fibra de coco en la mezcla fue del 70% y menor en JV<sub>6</sub> (38%) (Tabla 3). Los valores encontrados se encuentran por debajo del intervalo de referencia reportado por Abad *et al.* (2004).

El contenido de N total fue superior en el sustrato testigo JV<sub>5</sub> (1,3%), esto se debe a que este sustrato estuvo fertilizado en el momento que se analizó, contrario a los demás sustratos que estaban en su forma natural. Valores de N muy similares se encontraron entre JV<sub>3</sub> y JV<sub>4</sub>, (0,4% y 0,5%) y valores entre JV<sub>6</sub> y JV<sub>7</sub> (0,8% ambos casos) (Tabla 3).

La relación C/N destaca valores superiores en JV<sub>3</sub> y JV<sub>4</sub> (78 y 68), esto se debe al carbono presente en forma resistente en la corteza de pino utilizada para la elaboración del sustrato. En cambio, los sustratos JV<sub>5</sub>, JV<sub>6</sub> y JV<sub>7</sub> muestran valores menores (30, 27 y 31, respectivamente), por lo que su contenido de N reducen la relación C/N (Tabla 3).

## CONCLUSIONES

De las propiedades estudiadas se resalta la necesidad de bajas densidades, elevadas porosidades y estructura estable. Los sustratos a base de fibra de coco en 70%, 30% y el testigo presentaron las más bajas densidades; esto resulta económicamente beneficioso, debido a que mejora significativamente la capacidad operacional del medio de cultivo, disminuye los costos de transporte y la manipulación de materiales. De forma preliminar se puede afirmar que los sustratos ensayados muestran características adecuadas para la producción y desarrollo de plantas en jardín vertical.

## AGRADECIMIENTOS:

Pons agropecuaria. Técnicos de la Finca Experimental El Encín del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Intemper Española, S.L. MINECO: Plan Nacional de Investigación: CTM2009-13140-C02-01 y 02 (Subprograma TECNO).

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M.; Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En Tratado de cultivo sin suelo (Ed. Miguel Urrestarazu), pp. 113-158. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación. 2013. Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo. 2000-2008. Disponible: [www.aenor.es](http://www.aenor.es)
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.
- Baixaui, C. y Aguilar, J.M. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias. Divulgación Técnica 53. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentación. España. 110p.
- Briz, J. 2004. Naturación urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental Mundi-Prensa Libros. 396 p.
- Guerrero, F.; Masaguer, A. 2004. Utilización de sustratos en la naturación urbana. En: Naturación Urbana: Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental. Pp. 213-230.
- Bunt, A.C. 1988. Media and Mixes for Container Grown Plants. 2<sup>nd</sup> Ed. Unwin Hyman. Ltd., London.
- SIGA (Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios). 2013. Disponible en: <http://sig.marm.es/siga/>
- Terapia Urbana. 2013. ¿Qué es la Naturación Urbana? Disponible en web: <http://www.terapiaurbana.es/que-hacemos/%c2%bfque-es-la-naturacion-urbana/>



## Integración en el paisaje de parques eólicos

Villacreces Arnedo, Salvador

Tutor: de San Antonio Gómez, José Carlos

*Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia Y Fotogrametría. Expresión Gráfica. E.T.S.I. Agrónomos.  
Universidad Politécnica de Madrid.*

*Correo electrónico: salvavillacreces@gmail.com*

### RESUMEN

Como otras fuentes de energía sostenible, la eólica está creciendo en nuestros paisajes cada vez con más intensidad. Aunque la opinión del público es bastante positiva a la hora de valorar el desarrollo de las energías renovables, muchas veces sus instalaciones causan daños en la calidad visual del paisaje haciendo que su aceptación social disminuya. En este artículo se realiza una búsqueda de información de trabajos científicos que han desarrollado metodologías para disminuir el impacto visual causado por este tipo de instalaciones.

**Palabras clave:** *Parques eólicos, Impacto visual, Opinión pública.*

### CRITERIOS DE BÚSQUEDA

La revisión bibliográfica realizada, se ha restringido a la búsqueda en ScienceDirect de artículos científicos con las palabras clave *visual impact*, *wind farm* y *public opinion*; que sean actuales (desde 2001); y que tengan relación con la integración en el paisaje de parques eólicos para generar un menor impacto visual. Además se ha ceñido más la búsqueda en relación con la temática de investigación personal sobre la integración de ciertos elementos en el paisaje rural, quedando un total de 18 artículos para su revisión.

### INTRODUCCIÓN

La demanda energética ha crecido en las últimas décadas, y con ella la producción de energía, cuyas fuentes de producción tradicional ocasionan serios daños en el medio ambiente (Molina-Ruiz et al., 2010; Baban et al., 2001). En los últimos años hemos vivido una mayor preocupación por el medio ambiente, y las energías renovables han pasado a jugar un papel fundamental en el abastecimiento energético mundial. Tanto es así que el Libro Blanco de la Unión Europea estableció que para el año 2010, el 12% de la energía producida en cada país debe proceder de fuentes de energías renovables (Hurtado et al., 2003), e incluso muchos países miembros incentivan políticas de energía renovable financiando sus instalaciones (Molnarova et al., 2011). La energía eólica está considerada como una de las fuentes de energías renovables más limpias y con menor impacto en el medio ambiente, en la naturaleza y en la vida del hombre (Katsaprakakis et al., 2012).

En comparación con otras energías renovables, la energía eólica presenta muchas ventajas, entre otras, un menor precio en la producción de energía (Baños et al., 2010). Sin embargo, también muestra una serie de inconvenientes como son el fuerte impacto visual en el paisaje, el ruido, el daño causado en aves, el sombreado discontinuo de las turbinas, la ocupación de grandes superficies de terreno y la interferencia electromagnética que generan las turbinas (Katsaprakakis et al., 2012). En éste artículo hacemos una revisión bibliográfica, convenientemente acotada, de cómo la literatura científica trata el impacto visual que tienen las instalaciones de producción de energía eólica, cómo este impacto es percibido y juzgado por la sociedad y cuáles son las medidas que ayudan a disminuirlo.

### PARQUES EÓLICOS Y SU REPERCUSIÓN SOCIAL

La actitud pública en cualquier lugar de Europa muestra un gran apoyo al crecimiento de las energías renovables (Rogge et al., 2010), y cabe destacar dentro de este crecimiento que la energía eólica especialmente ha experimentado un enorme incremento a escala mundial,



siendo actualmente la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento. No obstante, esta fuente energética ocasiona cierta controversia en la sociedad a la hora de implantar los parques eólicos (Woods et al., 2003). La energía eólica presenta una serie de desventajas, y entre ellas el impacto visual es una de las que mejor explican esta oposición a su crecimiento (Wolsink et al., 2007). Este impacto es un parámetro complejo de cuantificar ya que consta de muchas variables, como son entre otras, el tipo de persona, su relación con el paisaje (turista, residente), la proximidad del parque eólico, el número de molinos que tiene, el número de turbinas de cada molino y la calidad del paisaje donde se instala el parque eólico (Ladenburg et al., 2011). Muchos autores relacionan esta oposición aludiendo al rechazo que genera en la opinión pública, una transformación en el paisaje sólo por el hecho de que el cambio induce a un riesgo y posiblemente a un empeoramiento del mismo, y no basándose en el contenido de ese cambio (Rogge et al., 2010). Otros autores van mucho más allá, y señalan el problema como una relación compleja de variables tales como el régimen de planificación, el sistema de apoyo financiero, los valores vinculados a la calidad del paisaje y la conservación, y el grado de implicación local en los planes para construir parques eólicos (Wolsink et al., 2007). Estas variables se han valorado en diversos países, entre ellos en España, en el que la energía eólica representa el 7% del total de la producción de energía (Hurtado et al., 2003), para el cual se ha comprobado que el implemento de esta fuente de energía ha evolucionado positivamente en los últimos años (Toke et al., 2008). A pesar de esto en España no hay una ley nacional que regule la construcción de parques eólicos, aunque sí normas específicas para cada región. Estas normativas están enfocadas a la conservación del medio ambiente (protección de plantas y animales) y a la generación de ruido, cuyos niveles están regulados (Hurtado et al., 2003). Sin embargo, no existen leyes que regulen el impacto visual generado. Aunque la apreciación de este impacto se conciba como un hecho subjetivo, hay parámetros que pueden determinar un menor impacto objetivo, por lo que sería recomendable promulgar una legislación clara, objetiva y viable que regulara el negativo impacto visual que en el paisaje producen las instalaciones de energía eólica y que, además, tuviese en cuenta la aceptación social.

### PARQUES EÓLICOS MARINOS

La instalación de parques eólicos marinos también se ha visto incrementada en los últimos años, sobre todo en países como Dinamarca, Reino Unido y Alemania (Ladenburg, 2008). En general los parques eólicos marinos tienen una mejor aceptación en la población que los que están en tierra (Ladenburg et al., 2011). Sin embargo, esta actitud se debe a la poca interacción de la población con este tipo de instalaciones. Los parques eólicos marinos presentan frente a los terrestres una serie de ventajas: no se percibe el ruido que producen y, si se alejan lo suficiente de la costa, su impacto visual en el paisaje es nulo, aunque esto supondría un aumento en el precio del kWh producido, lo cual sería un importante problema (Ladenburg et al., 2007). Los costes de transporte, construcción y mantenimiento general aumentan con la distancia a la costa, pero a su vez un acercamiento de las instalaciones puede suponer una peor aceptación por el público y un descenso del turismo en la zona (Westerberg et al., 2012). Un estudio realizado en la costa de Francia concluye que la industria turística mejora considerablemente si el parque eólico marino está situado a 12 km de la costa, y este implemento compensa el coste de las instalaciones. A su vez, si la instalación eléctrica se sitúa a 5 km de la costa el turismo disminuye, pero esta disminución puede regularse si dicha instalación va acompañada de una política coherente de preocupación por el medio ambiente (Westerberg et al., 2012).

### METODOLOGÍAS PARA LA INTEGRACIÓN EN EL PAISAJE DE PARQUES EÓLICOS

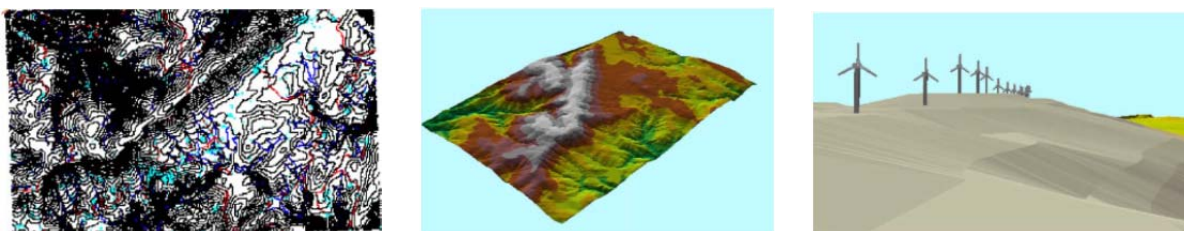
Para lograr un óptimo rendimiento de los parques eólicos, se deben implantar en la disposición que mejor resultados obtenga en cuanto a la acción del viento (Baños et al., 2010). Este es el principal motivo por el que la reducción del impacto visual se complica al diseñar una instalación eólica. No obstante, hay numerosas metodologías para determinar el



impacto visual que producen estas instalaciones y que pueden servir como herramienta para su integración en el paisaje: unas se basan en la valoración cualitativa de los escenarios de población y otras en el uso de Sistemas de información Geográfica (SIG) como herramienta para determinar dicho impacto (Molina-Ruiz et al., 2010). Debido a la complejidad de los escenarios donde se sitúan los parques eólicos, en general las metodologías que se apoyan en recursos tecnológicos como fotografías aéreas, y en particular las que se apoyan en los SIG, dan mejores resultados y son las más usadas a la hora de valorar cuestiones de impacto visual. Aún así esta metodología es muy variada en cuanto a lugares y autores, y debido a la diversidad de software, programas existentes en el mercado y a la diversa metodología de trabajo de cada grupo de investigación, no hay un método de evaluación generalizado para la integración de este tipo de instalaciones eléctricas (Baños et al., 2010). Como ejemplo, Hurtado et al., 2003, plantea una metodología apoyada en el uso de SIG y que se desarrolla en cuatro fases:

- Registro de parámetros que conciernen a la visibilidad de los molinos de viento y de algunos puntos de interés alrededor del parque eólico (poblaciones, carreteras...). En esta fase se usan mapas 3D generados por software de tipo CAD y con Arcview.
- Cálculo de coeficientes para la evaluación del impacto visual, relacionados con la distancia entre el parque eólico, la población más cercana teniendo en cuenta su volumen de habitantes y la interferencia visual de ambos.
- Evaluación parcial del impacto visual.
- Evaluación total del impacto visual.

**Imagen 1. Fotografías de la metodología para el registro de parámetros.**



Fuente: Hurtado et al., 2003.

Tsoutsos et al., 2008, propone combinar este método con la evaluación psicológica de los residentes de la zona junto al parque eólico mediante cuestionarios. Los resultados de este estudio demuestran que la cuantificación del impacto visual con este método puede disminuir este impacto y con ello favorecer una mejor aceptación social.

Katsaprakakis et al., 2012, levanta un mapa de los alrededores de Lasihti (Creta, Grecia) señalando los sitios óptimos de implantación para el parque eólico, tomando referencia de las restricciones en el uso del suelo, la conservación ambiental y el impacto sobre la población, completando la metodología con un cuestionario a la población cercana. El estudio constituye una herramienta en la selección óptima de un parque eólico, contribuyendo a la eliminación de los problemas ambientales y humanos.

Otra determinación del impacto visual, es la de Molina-Ruiz et al., 2010. Se diferencia de otras metodologías por tener en cuenta la agudeza visual del observador para evaluar el impacto visual de estas instalaciones, cuyo resultado final es la generación y validación de una metodología que proponen para ser usada por las instituciones regionales.

Möller 2005, ha realizado un estudio a lo largo de veinte años (1990-2010) en la región de Jutlandia County (Dinamarca), del impacto visual que generan las turbinas de los parques eólicos. Utiliza la superposición geográfica de cuencas visuales de la zona de estudio, calculada desde los puntos de vista de interés, mostrando así los posibles usos del suelo.

Van der Horst et al., 2009, realiza un enfoque más complejo utilizando SIG para obtener datos de un total de 117 variables relacionadas con la educación, la salud, la demografía, el empleo y la vivienda. Después de la toma de datos, se realizan las asociaciones entre ellos



y se discuten apoyándose en la literatura existente sobre el patrimonio ambiental y el capital social. Como última metodología estudiada, Torres Sibille et al., 2007, desarrolla un indicador para evaluar la magnitud del impacto objetivo causado por la instalación de parques eólicos. Dichos indicadores combinan medidas de visibilidad, color, fractalidad y continuidad, tomadas por medio de fotografías. A cada variable se le aplica un indicador, y este se usa para calcular el impacto estético objetivo de los parques eólicos.

## CONCLUSIONES

Las diversas metodologías para la integración paisajística de los parques eólicos, coinciden en que la población debe jugar un papel importante en su implantación, ya que son los mismos individuos los que posteriormente juzgan el resultado de los planes de actuación que se llevan a cabo. Por otra parte, todos los trabajos analizados, recomiendan promulgar una legislación que regule esas instalaciones para asegurar su mejor integración en el paisaje y para una mayor protección del medio ambiente y de la fauna existente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baban SMJ, Parry T, 2001. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renew Energy*. 24:59-71.
- Baños R, Manzano-Agugliaro F, Montoya FG, Gil C, Alcayde A, Gómez J, 2010. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15:1753-1766.
- Hurtado JP, Fernández J, Parrondo JL, Blanco E, 2003. Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 8:483-91.
- Katsaprakakis D A, 2012. A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 16:2850-2863.
- Ladenburg J, 2008. Visual impact assessment of offshore wind farms and prior experience. *Applied Energy*. 86:380-387.
- Ladenburg J, Dubgaard A, 2007. Willingness to pay for reduced visual disamenities from offshore wind farms in Denmark. *Energy Policy*. 35:4059-4071.
- Ladenburg J, Möller B, 2011. Attitude and acceptance of offshore wind farms- The influence of travel time and wind farm attributes. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 15:4223-4235.
- Molina-Ruiz J, Martínez-Sánchez MJ, Pérez-Sirvent C, Tudela-Serrano ML, García Lorenzo ML, 2010. Developing and applying a GIS-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms. *Renewable Energy*. 36:1125-1132.
- Möller B, 2005. Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark. *Applied Energy*. 83:477-494.
- Molnarova K, Sklenicka P, Stiborek J, Svobodova K, Salek M, Bradec E, 2011. Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics. *Applied Energy*. 92:269-278.
- Rogge E, Dessein J, Gulinck H, 2010. Stakeholders perception of attitudes towards major landscape changes held by the public: The case of greenhouse clusters in Flanders. *Land Use Policy*. 28:334-342.
- Toke D, Breukers S, Wolsink M, 2008. Wind power deployment outcomes: how can we account for the differences? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12:1129-1147.
- Torres Sibille A del C, Cloquell-Ballester VA, Cloquell-Ballester VA, Darton R, 2007. Development and validation of a multicriteria indicator for the assessment of objective aesthetic impact of wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13:40-66.
- Tsoutsos T, Tsouchlaraki A, Tsiropoulos M, Serpetsidakis M, 2008. Visual impact evaluation of a wind park in a Greek island. *Applied Energy*. 86:546-553.
- Van der Horst D, Toke D, 2009. Exploring the landscape of wind farm developments; local area characteristics and planning process outcomes in rural England. *Land Use Policy*. 27:214-221.
- Westerberg V, Jacobsen J B, Lifran R, 2012. The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French Mediterranean. *Tourism Management*. 34:172-183.
- Wolsink M, 2007. Planning for renewable schemes: deliberative and fair decision making on landscape issues instead of reproachful accusations of noncooperation. *Energy Policy*. 35:2692-704.
- Woods M., 2003. Conflicting environmental visions of the rural: wind farm development in Mid Wales. *Sociologia Ruralis*. 43:271-288.



## Estudio del proyecto de riego por goteo y programación del riego en el huerto ecológico del campo de prácticas de la ETSI Agrónomos

Horcajo Diestro, Daniel

Tutora: Rodríguez Sinobas, Leonor

*Departamento de Ingeniería Rural E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Correo electrónico: d.horcajo@alumnos.upm.es*

### RESUMEN

El huerto ecológico es aquel que utiliza todos los productos y técnicas necesarias en el cultivo hortícolas, flores o frutales de forma natural. Una de las características típicas de los huertos ecológicos es la colocación del cultivo en bancales sin dejar espacio entre unas plantas y otras. Con este trabajo se ha llevado a cabo el proyecto de un sistema de riego por goteo en el huerto ecológico de la ETSI Agrónomos y la programación del riego.

**Palabras clave:** *Huerto ecológico, Riego por goteo, Programa de riegos*

### INTRODUCCIÓN

Cada vez es más habitual pasear por la ciudad y observar huertas en balcones, patios, colegio, etc. convirtiéndose en un espacio de relación con la naturaleza y de disfrute personal. El huerto ecológico es aquel que utiliza todos los productos y técnicas necesarias en el cultivo de flores, hortícolas o frutales sin ningún producto fertilizantes, fitosanitarios, materiales de tutorado... e incluso las semillas y plántulas utilizados en el cultivo. Los cultivos se colocan en bancales de pequeñas dimensiones y se aporta el agua, generalmente, mediante riego por goteo..

En este trabajo se estudia el proyecto de riego por goteo y el programa de riegos del huerto ecológico que posee la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos en sus campos de prácticas en la zona Oeste de la Ciudad Universitaria.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El huerto ecológico consta de una superficie de 800 m<sup>2</sup> en una zona abrigada por taludes e invernaderos que la aíslan de factores climáticos externos. Se divide en cuatro zonas con las siguientes técnicas de cultivo ecológico:

- Zona 1 → Escuela Biodinámica
- Zona 2 → Bancal profundo
- Zona 3 → Bancal semiprofundo / Mediterráneo
- Zona 4 → Paredes en Crestall

Cada una de ellas lleva un tratamiento de suelo diferente. El estudio edafológico del suelo se ha realizado por Vicente (2007), del cual se ha tomado la clase textural para llevar a cabo la programación del riego con el programa Cropwat de la FAO (<http://www.fao.org>). Este programa posee una base de datos climáticos de la que se ha seleccionado la estación meteorológica situada en Ciudad Universitaria (Madrid) y se han tomado los datos para el estudio climático. En los huertos se cultivan pequeñas hortalizas de temporada (pimiento, berenjena...) que se regarán por goteo. Una acometida del Canal Isabel II suministra el agua con una presión variable entre 40 a 60 m.c.a.



Se ha elegido un modelo de gotero integrado no compensante con caudal nominal de 2,2 L/h insertado en una tubería de PE de 16 mm de diámetro exterior. La ecuación de gasto del gotero es:

$$q = K * h^x \text{ Ec. [1]}$$

Donde: q= caudal en L/h; h= presión en m.c.a., con  $k=0,73 \text{ L/ (h mca}^{0,47})$  y  $x=0,47$ .

Se ha elegido un modelo no compensante dado que los bancales son de pequeña dimensión por lo que la variación de la presión entre los distintos goteros será pequeña y, por lo tanto, su caudal será también similar. La separación entre goteros es 0,3 m y se corresponde con la separación habitual entre plantas.

## RESULTADOS

La Tabla 1 presenta las láminas de agua netas  $H_N$  obtenida con el programa Cropwat

**Tabla 1. Láminas de agua calculadas con el programa Cropwat**

	Req. Netos en mm/día	Req. Netos en l/s/h
Enero	0.0	0.00
Febrero	0.0	0.00
Marzo	7.7	0.03
Abril	31.8	0.12
Mayo	105.8	0.39
Junio	114.5	0.44
Julio	0.0	0.00
Agosto	0.0	0.00
Septiembre	0.0	0.00
Octubre	0.0	0.00
Noviembre	0.0	0.00
Diciembre	0.0	0.00

Para el proyecto de riego se ha utilizado la  $H_N$  más desfavorable, es decir  $H_N= 3,8 \text{ mm/d}$ .

Dado que el Canal Isabel II suministra el agua de riego de forma continua, se ha considerado para la programación de riego una concesión de 0,95 L / (s\*ha) (ver Tabla 1). Como el huerto tiene, aproximadamente 0,013 ha, el caudal requerido  $Q_0= 46,66 \text{ L/h}$ .

El volumen requerido por la planta,  $V_r$ , se calcula por:

$$V_r = H_{ETP} * s_g * s_r \text{ Ec. [2]}$$

Donde:  $H_{ETP}$  = la lámina de agua correspondiente a las necesidades hídricas del cultivo;  $s_g$  = la separación entre goteros y  $s_r$ = separación entre ramales.





La separación entre líneas de plantas coincide con la separación entre ramales  $s_r = 0,6$  m para los bancales 1 y 2 y  $s_r = 0,5$  m para los bancales 3 y 4.

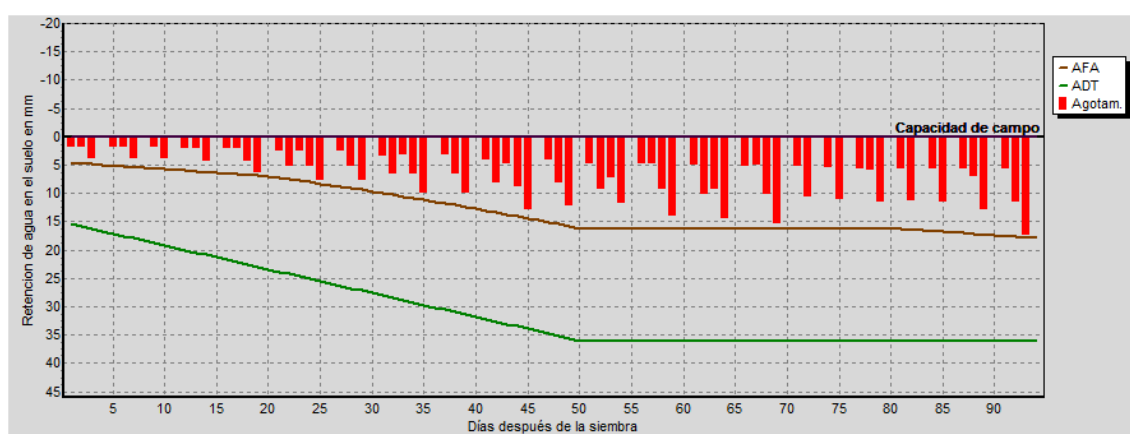
Para el cálculo de la  $H_{ETP}$  :

$$H_{ETP} = H_N * f \quad \text{Ec. [3]}$$

Siendo  $f$ = frecuencia de riego

La frecuencia de riego se observa en la Fig.1:

**Fig.1. Frecuencia de riego obtenida con el programa Cropwat.**



Se ha considerado los días más desfavorables del cultivo, y se han realizado los cálculos con una frecuencia de riego de dos días. Así, sustituyendo en la ec. [2] se obtiene un volumen requerido  $V_r = 0,001 \text{ m}^3$

Cada ramal tiene 24 goteros y en cada uno de los bancales de las zonas 1 y 2 se colocan dos ramales, y en los de las áreas 3 y 4, se colocan tres ramales. Así mismo, en cada una de las áreas hay cuatro bancales por lo que, en total, contiene 240 goteros. El caudal del ramal se calcula por:

$$Q_{ramal} = n^{\circ} \text{goteros} * q = 528 \text{ l/h} \quad \text{Ec. [4]}$$

Se observa que la concesión de Isabel II permite regar simultáneamente el huerto ecológico.

Para determinar el tiempo de aplicación de riego, se fijó un coeficiente de uniformidad de Christiansen  $C_u = 95$  y un coeficiente de déficit  $C_d = 0,01$ . Estos valores se utilizaron en el diagrama de operación de riego (Ref. Libro "El Riego: Fundamentos de hidrología y de su práctica") y se obtuvo un  $R^* = 1,1$ . Conociendo que esta última es la relación entre el volumen medio  $\bar{V}$  el requerido, se obtiene por:

$$\bar{V} = R^* * V_r = 0,0011 \text{ m}^3 \quad \text{Ec. [5]}$$

Dado que la evaporación en riego por goteo se considera despreciable, el tiempo de aplicación de riego por bancal es:



$$t_{ar} = \frac{\bar{V}}{q} = 31,35 \text{ min/día ec. [6]}$$

### CONCLUSIONES

La programación de riegos, correspondiente a unas necesidades medias de los cultivos de pequeñas hortalizas, en el huerto ecológico ayuda a conocer la cantidad de agua a aplicar, en que momento aplicarla y su frecuencia. Esto es de interés para programar el resto de actividades culturales realizadas en ellos.

El agua disponible en la acometida de los huertos ecológicos permite regar todos sus bancales de forma simultánea de acuerdo con las necesidades hídricas estimadas y con el sistema de riego por goteo proyectado.

En una evaluación posterior se evaluará la distribución del agua en el suelo con la programación efectuada y su efecto en los cultivos según las diferentes técnicas de cultivo ecológico aplicadas.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Pilar López de Fuentes la ayuda prestada en la introducción de las diferentes técnicas de huertos ecológicos; y a Leonor Rodríguez Sinobas por su asesoramiento. Asimismo, agradecer a Teresa Briz, Directora del Proyecto de Innovación Educativa de los huertos ecológicos, las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

### BIBLIOGRAFÍA

Para la realización de este estudio se ha tenido en cuenta las siguientes páginas web:

<http://www.etsia.upm.es/> (Fecha de consulta: 9/03/2013)

<http://www.floresyplantas.net/> (Fecha de consulta: 24/02/2013)

<http://elhuertopasoapaso.blogspot.com/> (Fecha de consulta: 1/03/2013)

[http://www.asoc-biodinamica.es/index\\_archivos/Page382.htm](http://www.asoc-biodinamica.es/index_archivos/Page382.htm) (Fecha de consulta: 20/02/2013)

<http://www.mariano-bueno.com/> (Fecha de consulta: 3/03/2013)

<http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/> (Fecha de consulta: 10/03/2013)

También se tuvo en cuenta las siguientes publicaciones

Losada Villarante, A. "El Riego: Fundamentos hidrológicos y de su práctica" 2003 pp. 0-261

Vicente Herranz, S. "Resultado de los análisis del suelo" 2007 pp40-60.



## Seguimiento de sequía en pastos mediante teledetección

Escribano Rodríguez, Juan Agustín

Tutor: Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio

*Grupo de Sistemas Agrarios AgSystems, Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia.*

*y CEIGRAM. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, E-28040 Madrid (España).*

*Correo electrónico: juanagustin.escribano@upm.es*

### RESUMEN

El seguro de sequía en pastos en España se basa en la evaluación de un índice de vegetación sin la estimación de la producción de biomasa del pasto. El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI). Desde 2010 a 2012 se realizó un seguimiento del pasto en dehesas de El Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba). Se midió mensualmente la producción de biomasa del pasto y el NDVI obtenido del satélite DEIMOS-1 con una resolución de 22 m por 22 m. Con los datos de 2010 y 2011 se estableció la función de producción de biomasa del pasto (fresco y seco) a partir del NDVI, con un coeficiente de correlación  $r^2$  de 0,975 altamente significativo para el pasto fresco. Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar la función de producción. La validación de la función de producción entre los valores observados y simulados ha mostrado un coeficiente de correlación  $r^2$  de 0,734. Estos resultados sugieren que el NDVI puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas.

**Palabras clave:** Agua, Pastoreo extensivo, NDVI

### INTRODUCCIÓN

El seguro de sequía en pastos en España (línea 133 del seguro) emplea un índice para determinar la cobertura del seguro, con objeto de solucionar los problemas de peritación que se originan al determinar la cantidad de pasto afectado por la sequía, en las zonas del territorio cuando existen variaciones del tipo de suelo, de pasto, de carga ganadera y de tipo de ganado. El seguro de cobertura de daños por sequía en pastos es el principal instrumento financiero con el que cuentan los ganaderos para hacer frente al gasto que supone el suplemento de alimentación del ganado debido a la sequía (Báez, 2010). El seguro se basa en la medición por satélite (sensor MODIS instalado en el satélite Terra) del índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI), obteniéndose el valor medio de una comarca homogénea medido exclusivamente en parcelas de pasto herbáceo en ausencia de vegetación leñosa como arbolado o matorral. Este es un seguro que cubre a las explotaciones de ganado bovino reproductor y de lidia, ovino y caprino reproductor y al equino en extensivo.

El seguro indexado es un instrumento de gestión de riesgos en que las estimaciones de pérdidas están basadas en un índice. Ese índice estará altamente correlacionado con el resultado de la explotación que se quiere evaluar y no en la pérdida individual del asegurado. El buen desempeño de un seguro indexado depende de la objetividad y exactitud de las mediciones del índice. Por tanto, los encargados de efectuar las mediciones del índice deben utilizar información oportuna que esté disponible y sea fiable (Bielza *et al.*, 2009). Para el diseño de un adecuado producto de seguro indexado se requieren datos históricos suficientes y un buen modelo que permita predecir la probabilidad de varias medidas del índice, por lo que normalmente se utilizan satélites que cuenten con un histórico de datos suficientes. Para utilizar satélites más recientes será preciso la validación en campo de los datos obtenidos por teledetección. La sequía es un fenómeno extremo cuyos límites geográficos y temporales son difíciles de determinar, pudiendo convertirse en un desastre natural cuando no existe capacidad de gestión de los recursos hídricos. Los datos sobre las pólizas totales del seguro español en sequía en pastos (Tabla 4) muestran un



periodo inicial de implantación del seguro, desde el año 2001-2004, y un periodo de estabilización de la contratación entre el periodo 2005-2011, con una elevada contratación en el año 2005 debido a la certeza de la sequía que se produjo ese mismo año en el que el periodo de contratación del seguro se extendió al mes de marzo cuando ya se estaba produciendo la sequía, por lo que se puede calificar de año anómalo.

**Tabla 4. Evolución de la contratación del seguro de sequía en pastos en España.**

Año	Pólizas	Animales	Animales / pólizas	Capital asegurado / póliza	Prima/ animal asegurado	subvención / animal asegurado	Capital asegurado / animal
2001	63	11.282	179,1	40.032,9	16,6	6,3	223,5
2002	54	11.119	205,9	41.689,2	15,2	6,4	202,5
2003	42	7.674	182,7	40.246,4	13,0	5,7	220,2
2004	4.202	1.518.244	361,3	49.682,6	5,1	1,6	137,5
2005	20.876	6.529.413	312,8	22.186,9	4,4	1,6	70,9
2006	6.725	2.185.140	324,9	22.979,9	4,5	2,0	70,7
2007	5.135	1.887.874	367,6	25.564,1	6,9	2,7	69,5
2008	3.024	1.089.503	360,3	22.288,7	6,9	2,9	61,9
2009	5.575	2.005.805	359,8	25.277,4	7,6	2,6	70,3
2010	4.660	1.615.402	346,6	23.463,9	7,4	2,7	67,9
2011	4.093	1.420.018	346,9	23.300,1	6,9	2,6	67,2
2012†	2.873	963.164	335,2	26.443,5	7,35	2,6	78,9

† Datos provisionales de contratación hasta octubre de 2012 según ENESA.

Fuente: Ampliado de Báez, 2010.

El NDVI se usa para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados sobre satélites, de la intensidad de la radiación de unas bandas concretas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Rouse *et al.*, 1974). El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre menos uno (-1) y uno (+1). De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación, los valores cercanos a cero significa que no existe vegetación, mientras que los próximos a uno indican la mayor cantidad posible de verdor (Chuvieco, 2008). Los valores negativos, pertenecen a nubes, nieve, agua, zonas de suelo desnudo y rocas; ya que sus patrones espectrales son generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo. El objetivo de este trabajo es estimar la producción de biomasa de los pastos en dehesa mediante el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) obtenido del satélite DEIMOS-1.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se ha llevado a cabo en tres zonas con diferentes tipos climáticos III, II y I según Sánchez de Ron *et al.* (2007), en el Cubo de Don Sancho (Salamanca), Trujillo (Cáceres) y Pozoblanco (Córdoba) respectivamente y con características topográficas y edáficas distintas. En cada dehesa se limitó una parcela de 66 m × 66 m (9 píxeles del satélite DEIMOS-1) para evitar el pastoreo y exenta de arbolado para facilitar el seguimiento satelital. Se determinó mensualmente la biomasa total de la parte aérea en peso fresco, mediante tres cortes, con cuadrados segados de 0,5 m por 0,5 m. Las muestras se mantuvieron en bolsas de plástico con cierre hermético, conservadas en oscuridad e introducidas en una cámara refrigerada especialmente diseñada para transporte de muestras vegetales, hasta su peso en laboratorio en balanza de precisión. El peso seco se determinó secando las muestras en estufa a 75 °C durante 48 horas hasta alcanzar peso constante.

Los datos de 2010 y 2011 se utilizaron para obtener una función de producción y los datos de 2012 para validar la función producción. Se realizó un análisis de frecuencia en valores de NDVI, en intervalos de 0,05 en 0,05. Así, con los datos de cada intervalo de 0,05 de NDVI, se ha estimado el valor medio de NDVI y el valor medio de pasto fresco. Posteriormente se ajustó una función con el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco

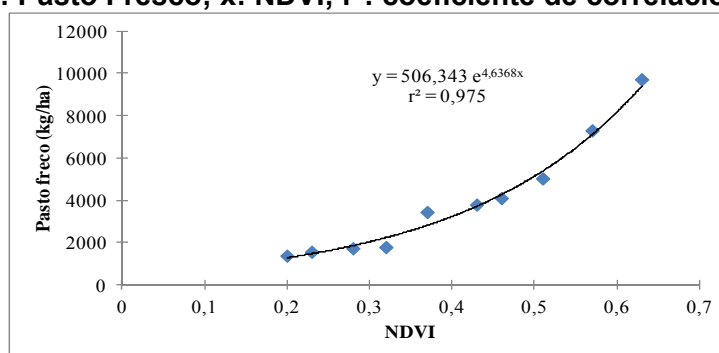


y el NDVI, que mediante un análisis de frecuencia en valores de peso fresco, en intervalos de 500 kg/ha, se ha estimado la media del porcentaje de peso seco sobre fresco y la media de NDVI. Una vez obtenida la función del pasto fresco a partir del NDVI y obtenida la relación entre pasto seco y fresco se determina la función para estimar el pasto seco a partir del NDVI.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La función de producción obtenida obedece a una ecuación exponencial del pasto fresco a partir del NDVI definida para los valores entre 0,20 y 0,68 según suelo desnudo y máxima actividad vegetativa respectivamente (Figura 3). La función mostró un coeficiente de correlación  $r^2$  de 0,975\*.

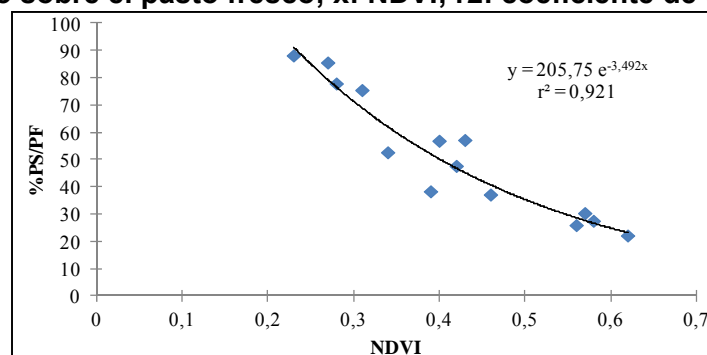
**Figura 3. Función de producción de biomasa del pasto fresco obtenida como mejor ajuste a los valores observados medios en dehesas del NDVI en el periodo 2010-2011. y: Pasto Fresco; x: NDVI;  $r^2$ : coeficiente de correlación.**



El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de producción de biomasa del pasto fresco (PF) y sus respectivos valores de NDVI, de los años 2010 y 2011.

La relación entre el porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco y el NDVI mostró un coeficiente de correlación  $r^2$  de 0,921\* (Figura 4).

**Figura 4. Ajuste exponencial obtenido al relacionar los datos medios de NDVI con el porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) en dehesas. y: porcentaje de pasto seco sobre el pasto fresco; x: NDVI;  $r^2$ : coeficiente de correlación.**



El modelo de regresión simple se ha generado con los datos de porcentaje de pastos seco sobre pasto fresco (%PS/PF) y sus respectivos valores de NDVI.

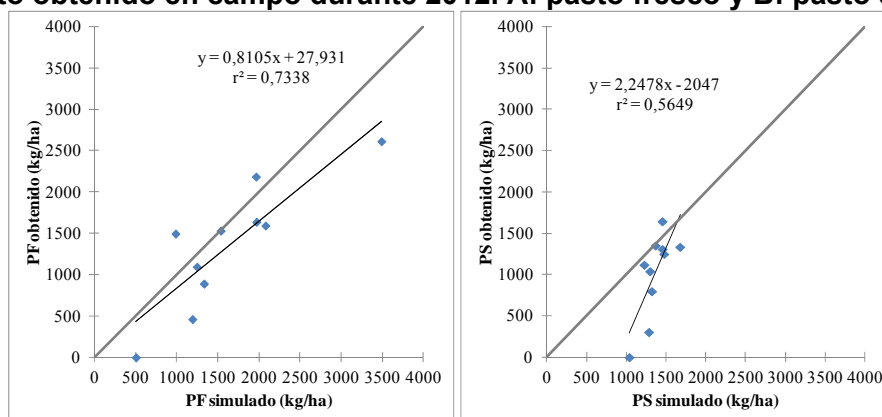
Se puede estimar a través del dato de satélite DEIMOS-1, el valor de NDVI y desde él, la cantidad de pasto fresco y el porcentaje de pasto seco sobre pasto fresco, a partir de ambos podemos calcular la cantidad de pasto seco (PS) expresado:

$$PS \text{ (kg/ha)} = [506,343 e^{(4,6368 \times NDVI)}] \times [205,75 e^{(-3,492 \times NDVI)}]$$

Los datos obtenidos en 2012 se han utilizado para validar las funciones de producción de biomasa del pasto fresco y seco. Las comparaciones entre los valores observados y simulados de pasto fresco y seco han mostrado unos coeficientes de correlación  $r^2 = 0,734$  y  $r^2 = 0,565$  respectivamente (Figura 5).



**Figura 5. Relación existente entre el pasto simulado según la función de producción y pasto obtenido en campo durante 2012. A: pasto fresco y B: pasto seco.**



En la época estival el pasto comienza a agostarse y perder humedad por lo que el peso fresco va disminuyendo rápidamente hasta igualarse al peso seco cuando no hay lluvias. Esta diferencia entre el peso fresco y el peso seco representa el contenido de humedad del pasto, diferencia que es utilizada en estudios de prevención de incendios. Este valor relativo al peso seco y expresado en porcentaje se conoce como FMC (*Fine Fuel Moisture Content* o *Floor Moisture Content*) ya que valores altos indican poco riesgo de incendios y por el contrario valores bajos indican alto riesgo, lo que sugiere que se relaciona muy bien con medidas del NDVI (Chuvieco *et al.*, 1999). El peso fresco es igual al peso seco cuando el pasto, en campo, está completamente seco.

## CONCLUSIONES

La función de producción propuesta a partir del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) indica que este es un buen estimador de la cantidad de pasto fresco para las dehesas españolas ( $r^2 = 0,734$ ). Sin embargo la estimación para el pasto seco fue menos precisa ( $r^2 = 0,565$ ). No obstante, sería conveniente aumentar el número de puntos de validación para poder cubrir la heterogeneidad de producción de biomasa de las dehesas españolas. Las funciones propuestas sugieren que el NDVI-Deimos-1 puede ser un buen estimador de la producción de biomasa de los pastos en dehesas españolas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte en el proyecto «Recogida y procesamiento de información agronómica y zootécnica obtenida “in situ” y su integración satelital de precisión para la mejora del seguro para la cobertura de los daños por sequía en pastos 2010 y 2012» financiado por ENESA y realizado en el CEIGRAM. Agradecemos también a los ganaderos por poder disponer de sus dehesas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Báez K. (2010) El potencial del seguro indexado en Chile: una aplicación a la gestión del riesgo de Sequía en pastos. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Bielza M., Conte C., Dittmann C., Gallego J. Y Stroblmair J. (2009) Experiencias de gestión de riesgos y crisis en la Unión Europea. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, 221: 127-150.
- Chuvieco E., Deshayes M., Stach N., Cocero D. Y Riaño D. (1999) Short-term fire risk: foliage moisture content estimation from satellite data. En E. Chuvieco (Ed.): Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Ba., pp 17-34. Springer-Verlag, Berlin.
- Chuvieco E. (2008) Teledetección Ambiental. Tercera Edición. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- Escribano J.A., Gliga A.E., Llorente J.F., Y Hernández C.G. (2012) Caracterización de la sequía en pastos anuales en dehesas. En: Canals R. y San Emeterio L., (Eds) Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción, pp 111-116. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Rouse J.W. JR., HAAS R.H., Schell J.A. Y Deering D.W. (1974) Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. College Station, Texas, Estados Unidos: Remote Sensing Center, Texas A&M Univ.
- Sánchez de Ron D., Elena Roselló R., Roig S. Y García del Barrio J.M. (2007) Los paisajes de dehesa en España y su relación con el ambiente geoclimático. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For., 22, 171-176.



## Estudio de la simbiosis de rizobios y arbustos de la tribu *genisteae* para recuperar suelos en el norte de África

Bourebaba, Yasmina<sup>1</sup>; Boucheffa, Karima<sup>1</sup>; Hadjira, Ahnia<sup>1</sup>

Tutores: Boulila, Farida<sup>1</sup>; Ruiz Argüeso, Tomás.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología Microbiana, F. de Biología, Universidad Mira Abderrahmane, Bejaia, 06000. Argelia.

<sup>2</sup> Departamento de Biotecnología, E.T.S. I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, s/n 28040 Madrid

Correo electrónico: yasmina-bio@hotmail.fr

### RESUMEN

Ciertas legumbres arbustivas del Norte de África juegan un papel clave en la conservación de la cubierta vegetal por su sistema de raíces que fijan dunas y por su capacidad para fijar nitrógeno mediante simbiosis con bacterias llamadas rizobios en nódulos de la raíz. Este trabajo presenta la caracterización de 39 rizobios aislados de nódulos de varias leguminosas de la tribu *Genisteae*: *Lupinus hirsutus*, *Lupinus angustifolius*, *Calicotome spinosa*, *Genista ferox*, *Genista tricuspidata*, *Retama monosperma* y *Genista saharae* del norte de Argelia. Se presentan varios caracteres fenotípicos: morfología, color, tiempo de generación, capacidad de nodulación interespecie y forma de los nódulos. También se estudia la relación filogenética de estos aislados a partir de la secuencia parcial de varios genes básicos: 16S rRNA, *recA*, *glnII*, y *atpD* y de un gen simbiótico: *nodC*. Los rizobios aislados pertenecen al género *Bradyrhizobium* y se distribuyen entre varias especies del género.

**Palabras clave:** *Genisteae*, *Bradyrhizobium*, Lucha contra la desertificación

### INTRODUCCIÓN

La región mediterránea es el hogar de una importante biodiversidad de leguminosas. La mayoría de las especies de flora nativa, especialmente en el norte de África, son muy resistentes, están bien adaptadas a la sequía y a la salinidad, y constituyen una parte importante de los recursos locales que incluyen alimentos, plantas medicinales, forrajeras y aromáticas.

Argelia es una región con varias zonas bioclimáticas: húmedas, sub-húmedo y semi-áridas, lo que hace que sea muy rica en términos de diversidad de la flora espontánea y cultivada.

Existe una creciente preocupación ambiental en materia de agricultura sostenible, especialmente en el área del Mediterráneo y en algunos casos se pretende introducir el uso de leguminosas forrajeras para aumentar la fertilidad del suelo gracias a la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. La mejora de la producción agrícola requiere no sólo seleccionar el mejor cultivar de forrajeras sino también la población de rizobios específicos. Algunos de estos rizobios han sido descritos en Boulila et al., 2009 y Ruiz-Díez et al., 2009. En este contexto, este trabajo tiene como objetivo principal el estudio filogenético y fenotípico de bacterias aisladas de varias especies de leguminosas de la tribu *Genisteae* como *Lupinus hirsutus*, *L. angustifolius*, *Calycotome spinosa*, *Genista ferox*, *Genista tricuspidata*, *Genista monosperma* y *Retama saharae* del norte de Argelia.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colección de nódulos y de suelos

El muestreo del suelo y de nódulos se realizó en 8 sitios diferentes ubicados en diferentes zonas climáticas y geográficas de Argelia. En cada suelo elegido existía una sola especie de la tribu *Genisteae* diferente, salvo dos suelos que presentaron *Genista tricuspidata*. Se determinó el pH de cada suelo, Tabla 1.

Tabla1- pH de los suelos elegidos

Localidad	Saket	Saket	Azeffoun	Azeffoun	Hamam El bibane	Oran	Zakri	Talbent
Genisteae	<i>Calicotome spinosa</i>	<i>Genista tricuspidata</i>	<i>Genista ferox</i>	<i>G. tricuspidata</i>	<i>Genista saharae</i>	<i>Retama monosperma</i>	<i>Lupinus hirsutus</i>	<i>Lupinus angustifolius</i>
pH	5,05	5,22	6,30	5,70	7,02	8,2	5,9	6,8

Las especies de plantas elegidas son de la tribu de *Genisteae*: *Lupinus hirsutus*, *angustifolius* *Lupinus*, *spinosa* *Calycotome*, *Genista ferox*, *tricuspidata* *Genista*, *Genista monosperma* y *Retama saharae*. Se recolectaron nódulos de cada especie de planta y se esterilizaron por separado de acuerdo con el método descrito en Sánchez-Cañizares et al., 2011. Los nódulos se sumergieron en etanol durante 30 segundos y a continuación durante 3 minutos en lejía (hipoclorito de sodio) al 3%. Finalmente, los nódulos se lavaron 10 veces con agua destilada estéril. Después se transfirió cada nódulo a tubos Eppendorf estériles y se aplastaron. Una gota de nódulos triturados se extendió sobre medio YMB y se incubaron a 28 °C entre 2 y 20 días para permitir el crecimiento de todos los tipos de *Rhizobium*. Posteriormente se comprobó la capacidad de los aislados de producir nódulos sobre la planta huésped. También se realizó un ensayo de inoculación cruzada con otras leguminosas como *Vigna unguiculata*, *L. hirsutus*, *L. angustifolius*, *Calycotome spinosa* y *Spartium junceum*.

### El análisis filogenético

El ADN total de estas cepas se extrajo por el método de lisis alcalina utilizando una mezcla de SDS 10% y luego NaOH 2N. Se amplificaron los genes *16S rDNA*, *recA* y *nodC* y se construyó un árbol filogenético con la herramienta bioinformática MEGA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

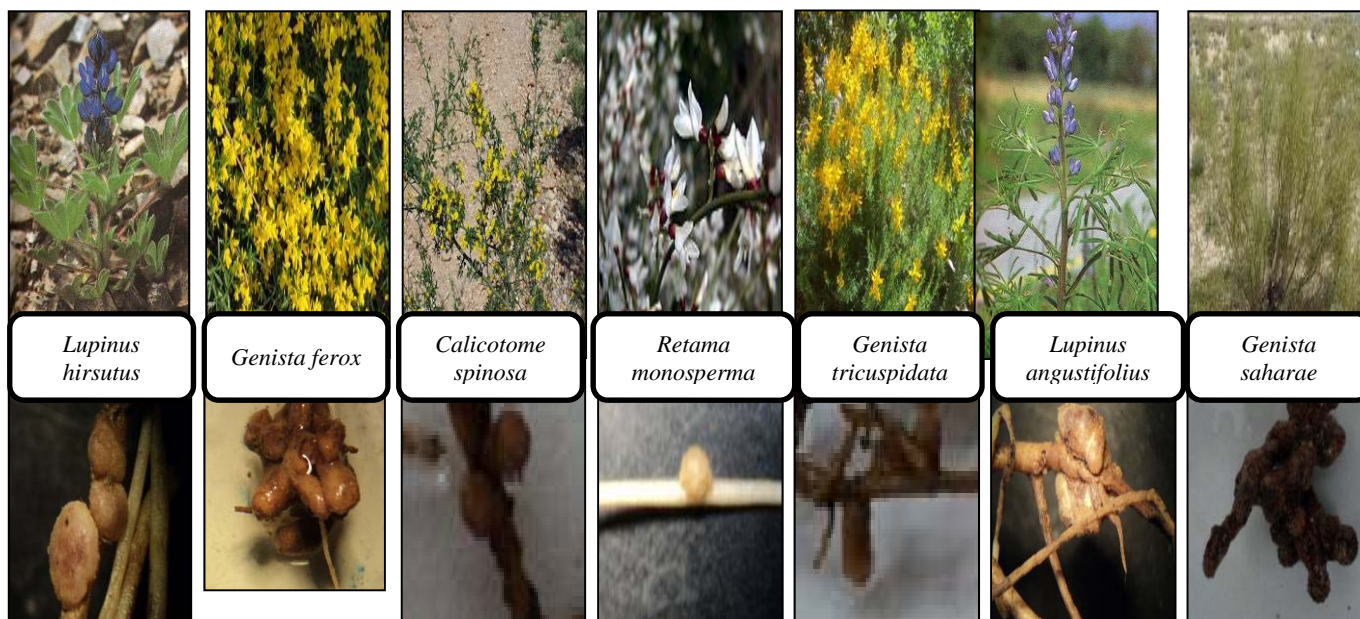
Actualmente disponemos de 39 aislamientos bacterianos obtenidos de las 7 especies de leguminosas examinadas, distribuidos como sigue: *L. hirsutus* (10), *L. angustifolius* (3), *C. spinosa* (3), *R. monosperma* (7), *G.ferox* (10), *G. tricuspidata* (4) y *G. saharae* (2). Todos los aislados seleccionados fueron capaces de nodular de nuevo como se muestra en la Figura 1.





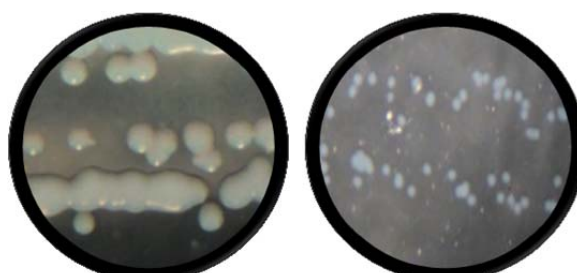
**Figura 1. Nódulos de diversas leguminosas de la tribu *Genisteae***

Todas los aislamientos corresponden a bacilos pequeños, Gram-negativos, móviles, y que



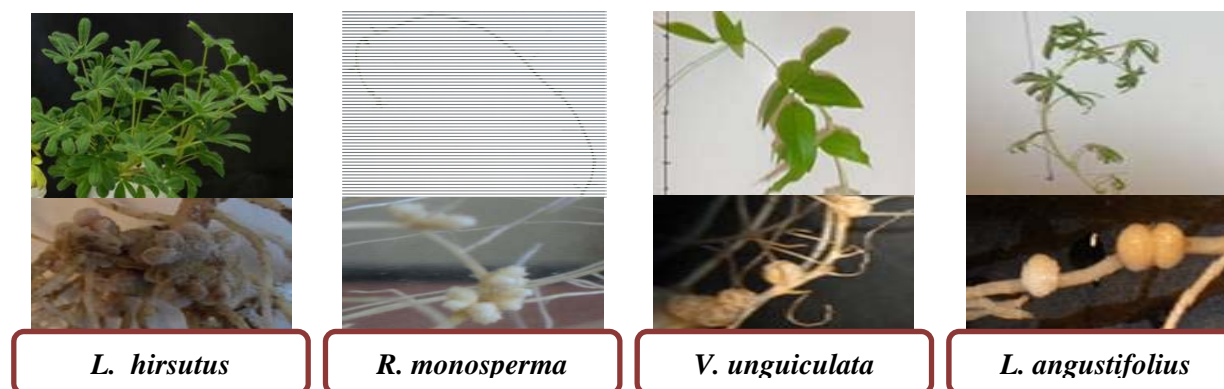
forman colonias de diverso color, tamaño y mucosidad como se ilustra en la Figura 2. Su crecimiento en medio sólido YMA nos permite distinguir dos grupos de colonias: uno con un tiempo de crecimiento de 4 días y de 6 días o más para distinguir colonias de 1 mm o más.

**Figura 2. Diferente aspecto de dos aislados de este trabajo en medio YMB**



Por otra parte se han realizado análisis de inoculación con leguminosas diferentes de la original con resultados positivos como se muestran en la Figura 3.

**Figura 3. Nódulos producidos por la cepa T39, aislada de *L. angustifolius*, sobre diferentes leguminosas**





Se ha iniciado la caracterización filogenética de los 39 aislamientos autenticados y los primeros datos obtenidos con el gen 16S indican que todos los aislados pertenecen al género *Bradyrhizobium*. Simultáneamente se están completando las secuencias de los genes, *recA*, *atpD*, *glnII* y *nodC*. Los datos disponibles de algunos aislados indican que hay una gran diversidad tanto entre los genes esenciales (*16S RNA*, *recA*, *atpD*, *glnII*) como con respecto al gen *nodC*. Se espera poder presentar los correspondientes análisis completos durante la celebración del Congreso.

### CONCLUSIÓN

Se dispone de una colección de rizobios aislados de nódulos de plantas de la tribu *Genisteae* del norte de Argelia que muestran gran diversidad tanto fenotípica como genética. Estas cepas de rizobios pueden ser potenciales inoculantes para extender el crecimiento de sus respectivas leguminosas, favoreciendo la fertilización natural y la restauración de suelos pobres.

### AGRADECIMIENTOS

A los profesores Abdel-Ghani Boulila (Universidad Mira Abderrahmane de Bejaia) y Luis Rey (Universidad Politécnica de Madrid) por su consejo y sugerencias y a la AECID por su financiación, proyecto AF12021002.

### BIBLIOGRAFÍA

- Boulila F., et al., 2009. Systematic and Applied Microbiology, 32: 245-255.  
Ruiz-Díez B., et al, 2009. Arch Microbiol, 191: 35-46.  
Sánchez-Cañizares et al. 2011. Systematic and Applied Microbiology. 34(3):207-215.



## Evaluación de la eficiencia de sistemas de humedales construidos en postratamiento de purines de porcino

Borges Ferreira, Tiago<sup>1\*</sup>

Tutores: Teixeira Fernandes, André Luís<sup>1</sup>; Arce Martínez, Augusto<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Becario del CNPq - Brasil

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Ambiental. Universidad de Uberaba – UNIUBE

<sup>2</sup>Departamento de Química y Análisis Agrícola. E.S.T.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid - UPM.

Correo electrónico: tiago\_bferreira@hotmail.com

### RESUMEN

La ganadería porcina moderna tiene muchas ventajas productivas, sin embargo, como toda actividad intensiva, presenta una elevada generación de aguas residuales (purines). Las investigaciones y técnicas de tratamiento de purines se han desarrollado bastante en los últimos años, creando métodos más eficientes, prácticos y económicos. El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de un Sistema de Humedales Construidos con flujo vertical discontinuo, después del tratamiento anaerobio en biodigestor. Los tratamientos mantuvieron tiempo de retención hidráulica de 24 horas, con evaluación de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio antes y después del sistema. Fueron verificadas reducciones de 86,32; 87,21 y 61,41%, respectivamente para nitrógeno, fósforo y potasio, siendo los humedales vegetados más eficientes en relación al testigo (sin vegetación). Se concluye que la tecnología de tratamiento terciario en Sistemas Humedales Construidos es una alternativa viable para los purines procedentes de ganadería porcina.

**Palabras clave:** Sistema Humedales Construidos, Purines de porcino, *Cynodon spp.*

### INTRODUCCIÓN

La ganadería porcina es una actividad generadora de un gran volumen de aguas residuales (purines). Las emisiones de estos vertidos a masas de agua pueden provocar alteraciones físicas, químicas y biológicas importantes debido a la elevada carga orgánica; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) puede llegar a valores 260 veces mayores que un agua residual doméstica, desequilibrando la vida acuática y además puede ofrecer riesgos para la salud pública por contener elementos patógenos y tóxicos (Oliveira, 1993; Hussar, 2001). Según Von Sperling (1996a), otra grave consecuencia es la formación de sales minerales disueltas en el agua, principalmente nitrato y fosfato, cuya presencia lleva al desarrollo excesivo de algas y consecuentemente a la eutrofización de las masas de agua.

Cuando se aplican sin criterio en áreas de cultivo agrícolas o pastizales, pueden desequilibrar químicamente el suelo, elevando algunos nutrientes a niveles tóxicos y/o limitantes del desarrollo vegetativo en estas áreas. Esas aplicaciones directas al suelo, sin tratamiento alguno, afectan el ecosistema en su conjunto, incluyendo suelo, aire y agua. La aplicación de purines durante muchos años consecutivos elevó la concentración de nitrato a niveles diez veces superiores al normal en aguas subterráneas (Oliveira, 1993).

Sin embargo, en los últimos años se han producido grandes avances en investigaciones y desarrollos, tanto en procesos como en técnicas de tratamiento de aguas residuales, orientados tanto para sistemas de gran tamaño y complejidad, como para aquellos de bajo coste y simplicidad operacional, siendo los humedales construidos uno de los principales sistemas (Mazzola, 2003).

El Sistema de Humedales Construidos (SHC) es la reproducción artificial de los humedales, constituidos por áreas alagadas, donde ocurre naturalmente la purificación



del agua. El tratamiento de aguas residuales mediante SHC se basa en procesos de filtración, descomposición microbiana de materia orgánica, absorción de nutrientes y adsorción en el suelo, entre otros (Eustáquio Junior et al., 2010).

Dentro de este contexto, este trabajo tuvo como objetivo la evaluación de un SHC de flujo subsuperficial vertical y discontinuo, cultivado con Tifton 85 (*Cynodon spp*) en la reducción de las concentraciones de nitrógeno (N-total), fósforo ( $P_2O_5$ .total) y potasio ( $K_2O$ ) de los purines de porcino tratados previamente en un biodigestor anaerobio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Lugar del experimento**

El proyecto fue desarrollado en un prototipo ubicado en la Universidad de Uberaba – UNIUBE, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. El clima de la ciudad es clasificado por el método de Köppen, como Aw, tropical caliente y húmedo, con invierno frío y seco. La precipitación anual es de 1.474 mm y temperatura media de 22,6 °C.

El purín tratado fue el efluente del biodigestor del campo de prácticas de la Universidad, cuyas coordenadas geográficas son: 19° 44'13" S, 47° 57'27" W y altitud de 850 m.

### **Prototipo**

El prototipo está compuesto por 6 cajas de polietileno de 100 litros de capacidad, con 0.73, 0.54 y 0.41 m de diámetro superior, base y profundidad respectivamente. Cuatro de estas cajas se utilizan como “biorreactores”, aunque solamente tres de estas fueron plantadas, reservando una sin cultivo para posteriores comparaciones sobre la importancia del vegetal en el sistema (testigo).

En el fondo de cada caja fue instalado un tubo de drenaje con 0,3 m de largo y diámetro de 1,9 cm, con agujeros de 2 mm, envuelto por un material poroso que impida el paso de sólidos así como una capa de aproximadamente 0,11 m de gravas, sobre la cual se dispuso una capa de 0,20 m de arena con granulométrica media.

### **Especie cultivada y plantío**

Conforme se puede ver en la imagen 1, los biorreactores fueron plantados con Tifton 85 (*Cynodon spp.*), híbrido F1 oriundo del cruzamiento de una especie sur-africana de registro PI290884 y el Tifton 68, desarrollada en la Coastal Plain Experiment Station (USDA-University of Georgia), en el sur de la provincia de Georgia (Burton et al., 1993). Forma parte de un grupo de césped conocido como bermudas (bermudagrass).

La plantación fue realizada con plantas jóvenes obtenidas del cultivo existente en el campo de prácticas de la UNIUBE, en día 26 de septiembre de 2011.

**Imagen 1. Humedales al final del experimento**





### **Saturaciones y manejo**

El sistema fue puesto en marcha después de la plantación, pero los muestreos para análisis solamente empezaron en 13 de marzo de 2012, con la reactivación de esta fase. Para los muestreos fueron realizados tres llenados de los cuatro biorreactores con 6 litros de purines en cada uno, en las respectivas fechas; 22, 29 de Mayo y 26 de Junio. Todos los muestreos se realizaron sobre efluentes que habían sido sometidos a Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) de 24 horas.

### **Análisis físicoquímicos y estadísticas**

Los análisis de los purines antes y después de tratamiento en SHC, se realizaron en colaboración con el Laboratorio Stoppani do Brasil, y con ayuda de los técnicos de la UNIUBE, y siguiendo standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 1998).

El tratamiento estadístico y gráfico fue realizado con el software Excel (Microsoft Corporation, Washington, USA)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los valores medios de los resultados de los análisis de nutrientes de los influentes y efluentes se muestran en la Tabla 1 y su comparación entre los biorreactores vegetados y el biorreactor testigo en la Tabla 2.

**Tabla 1. Análisis de nutrientes de los influentes y efluentes**    **Tabla 2. Vegetados X testigo**

Biorreactor	Concentración (mg.L <sup>-1</sup> )			pH
	N <sub>-total</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Purines	691,00	189,50	301,50	7,28
1 (testigo)	150,00	42,33	116,67	6,93
2	93,33	24,67	122,67	6,74
3	113,33	20,67	109,33	6,47
4	76,67	27,33	117,00	6,7

Biorreactor	Reducciones (%)		
	N <sub>-total</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Testigo	78,29	77,66	61,3
Con vegetal	86,33	87,21	61,4
Incremento	8,04	9,55	0,1

### **Variación del pH**

Como se puede ver en la Tabla 1, hubo una pequeña reducción del pH. Según Mazzola (2003), ese hecho indica el predominio de la nitrificación, lo cual estaría de acuerdo analizando la reacción global de nitrificación descrita por Von Sperling (1996b);



### **Variación del Nitrógeno (N-total)**

El sistema fue suministrado con un media de 98,7 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de N-total, con una eliminación media de 86,32%, valores mucho superiores a los 5,3% obtenidos por Freitas (2006). Sin embargo, Matos et al. (2009) obtuvieron 58,11% de eliminación de N-total. Los valores citados posiblemente son inferiores a los obtenidos en el presente experimento por tratarse de SHC de flujo horizontal continuo, los cuales tienen menor capacidad de nitrificación y consecuentemente de reducción del Nitrógeno.

### **Variación del Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Para Valentim (1999), la eliminación de fósforo del medio se realiza fundamentalmente por los procesos de adsorción y precipitación, siendo solamente una pequeña parte absorbida por la planta. Este mismo autor describe valores de 13 a 48% de eliminación. Matos et al (2009) obtuvo una reducción media de 50% en SHC de flujo horizontal. Mazzola (2003), en investigación con agua residual sanitaria en SHC vertical discontinuo, obtuvo reducciones de 8,55 a 30%. Silva & Roston (2010),





trabajando con SHC de flujo horizontal en postratamiento de efluente de una sala de ordeño bovino, obtuvo 83%. El trabajo en cuestión consiguió una reducción media de 87,21%, superior a los autores citados.

#### **Variación del Potasio ( $K_2O$ )**

La reducción media en la concentración de potasio fue de 61,41%, pasando de 301,05 mg.L<sup>-1</sup> para 116,33 mg.L<sup>-1</sup>. Matos et al (2009), utilizando SHC de flujo horizontal y otras especies vegetales obtuvo 35,2 % de reducción, reduciendo los niveles de 125 para 81 mg.L<sup>-1</sup>. Brasil et al (2005), utilizando SHC como tratamiento secundario del efluente domestico obtuvo una reducción alrededor de 40 %, pasando de 10,1 para 6 mg.L<sup>-1</sup>. Sarmiento (2010), trabajando con SHC vertical continuo cultivados con *Cyperus sp.*, obtuvo alrededor de 31% de reducción. Todos los autores citados obtuvieran reducciones porcentuales inferiores a las obtenidas en nuestro experimento.

#### **Influencia del vegetal en la reducción de los parámetros analizados**

Cuando se comparan los biorreactores cultivados con el biorreactor sin cultivo (testigo), se puede ver un pequeño incremento en la eficiencia de los cultivados, visible en Tabla 2. Eso era de esperar, por la actividad vegetativa, principalmente por tratarse de un césped de elevada necesidad nutricional. Queiroz et al. (2004), obtuvo una eliminación de 137,97 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> para fósforo. Matos et al. (2008), describen posibilidades de eliminación de alrededor de 199 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. En el presente trabajo, fueron obtenidas eliminaciones de 155,232 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, valores intermedios a los de los investigadores citados. Según Matos et al. (2008), la eliminación de N-total puede llegar a 1773 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, o sea, alrededor de 492,5 mg. m<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>, valor muy superior al obtenido en el presente experimento (132,29 mg.m<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>). Algunos autores, como el propio Matos et al. (2008), obtuvieron valores elevados para la reducción de potasio ( $K_2O$ ), sin embargo en nuestro experimento esa reducción, atribuida al vegetal, es prácticamente insignifica (0,8 mg.m<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>).

### **CONCLUSIONES**

- El SHC en marcha con flujo subsuperficial vertical y discontinuo, TRH de 24 horas y cultivados con Tifton 85 (*Cynodon spp.*), se mostró eficiente en la eliminación de nitrógeno (N-total), fósforo ( $P_2O_5$ -total) y potasio ( $K_2O$ ) con reducciones de 86,32; 87,21 y 61,41% respectivamente.
- La presencia del vegetal representó un incremento en la eficiencia del sistema, alrededor de 8,04; 9,55 y 0,1% respectivamente para los parámetros mencionados anteriormente.

### **BIBLIOGRAFIA**

- American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 1998, 20.
- Brasil, M. S.; Matos, A. T.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A., 2005, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9: 133-137.
- Estáquio Junior, V.; Matos, A.T; Campos, L.C; Borges, A.C., 2010, Revista Ambiente e Água, 5: 68-78.
- Freitas, W. S., 2006. Tesis (Doctorado) – Universidade Federal de Viçosa, 159.
- Hussar, G. J., 2001, Tesis (Master) - Universidade Estadual de Campinas, 133.
- Matos, A. T.; Abrahão, S. S.; Pereira, O. G., 2008, Revista Ambiente e Água, 3: 43-53.
- Matos, A. T.; Freitas, W. S.; Fia, R.; Matos, M. P., 2009, Engenharia na agricultura, 17: 383-391.
- Burton, G.W.; Gates, R.N.; Hill, G.M. Crop Science, 33: 644-645.
- Mazzola, M., 2003. Tesis (Master) - Universidade Estadual de Campinas, 98.
- Queiroz, F. M.; Matos, A. T.; Pereira, O. G.; Oliveira, R. A.; Lemos, A. F., 2004, Engenharia na Agricultura, 12: 77-90.
- Sarmiento, A. P., 2010, Tesis (Master) - Universidade Federal de Viçosa, 83.
- Silva, E. M; Roston, D. M., 2010, Engenharia Agrícola, 30: 67-73.
- Valentim, M. A. A., 1999, Tesis (Master) - Universidade Estadual de Campinas, 137.
- Von Sperling, M., 1996a, Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos. 2: 243.
- Von Sperling, M., 1996b, Princípios básicos do tratamento de esgotos. 3: 211.

## ÍNDICES





# Índice de palabras clave

## A

<i>A H5N1</i> .....	47
<i>Agricultura</i> .....	73
<i>Agricultura urbana</i> .....	5
<i>Agrodiversidad</i> .....	17
<i>Agua</i> .....	151
<i>Alcohol</i> .....	121
<i>Alimentos</i> .....	61
<i>Amazonía</i> .....	73
<i>Aprendizaje activo</i> .....	129
<i>Asepsia</i> .....	9
<i>Avian infectious</i> .....	47

## B

<i>Bebidas energéticas</i> .....	121
<i>Bienestar animal</i> .....	25
<i>Biohuertos Familiares</i> .....	65
<i>Bradyrhizobium</i> .....	99, 125, 155

## C

<i>Cacahuete</i> .....	107
<i>Calidad organoléptica</i> .....	103
<i>Carne</i> .....	103
<i>Centeno</i> .....	57
<i>Cerdo ibérico</i> .....	95
<i>Cerdos</i> .....	103
<i>Citrus junos</i> .....	117
<i>Coneja</i> .....	91
<i>Conservación</i> .....	61
<i>Control ambiental</i> .....	25
<i>Cosechadora</i> .....	31
<i>Crecimiento colonial</i> .....	87
<i>Cultivos tropicales</i> .....	43
<i>Cynodon spp</i> .....	159
<i>Cytisustriflorus</i> .....	125

## D

<i>Desgaste de aperos</i> .....	21
<i>Deterioro</i> .....	73
<i>Diagnóstico Rural Participativo</i> .....	77
<i>Dieta equilibrada</i> .....	65
<i>Digestibilidad</i> .....	51

## E

<i>Ecológico</i> .....	5
<i>Edafología</i> .....	129
<i>Efactor</i> .....	99
<i>Eficiencia energética</i> .....	21
<i>Energía fotovoltaica</i> .....	31
<i>Energías alternativas</i> .....	31
<i>España</i> .....	39

<i>Especie híbrida</i> .....	13
<i>Estructura sector</i> .....	39

## F

<i>Fitotoldo</i> .....	65
<i>Freemartinismo</i> .....	35

## G

<i>Gastronomía</i> .....	117
<i>Genisteae</i> .....	155
<i>Gestación gemelar</i> .....	35
<i>Grasa corporal</i> .....	95
<i>Gripe aviar</i> .....	47

## H

<i>Hortalizas de hoja</i> .....	31
<i>HPP</i> .....	61
<i>Huerto comunitario</i> .....	5
<i>Huerto ecológico</i> .....	147

## I

<i>Imagen térmica infrarroja</i> .....	25
<i>Impacto visual</i> .....	143
<i>In vivo</i> .....	51
<i>Índice de cistáceas</i> .....	113
<i>Industria</i> .....	133
<i>Industria cárnica</i> .....	39
<i>Infertilidad</i> .....	35
<i>Ingestión de energía dietética</i> .....	17
<i>Interacciones interespecíficas</i> .....	113
<i>Inventario florístico</i> .....	113
<i>Invernadero didáctico</i> .....	43

## J

<i>Jardinería</i> .....	13
-------------------------	----

## L

<i>Laboreo</i> .....	21
<i>Lactación</i> .....	91
<i>Leptina</i> .....	95
<i>Levaduras</i> .....	87
<i>Lucha contra la desertificación</i> .....	155
<i>Lupinus</i> .....	99

## M

<i>Maíz</i> .....	69
<i>Mantenimiento</i> .....	133
<i>Masa madre</i> .....	57
<i>Materia seca</i> .....	51
<i>Matlab</i> .....	81
<i>Mentha aquatica</i> .....	9
<i>Microsatélites</i> .....	107



<b>Modelos cuantitativos</b> .....	87	<b>Riego por goteo</b> .....	147
<b>N</b>		<b>S</b>	
<b>Naturación urbana</b> .....	139	<b>Seguridad Alimentaria y Nutricional</b> .....	77
<b>NDVI</b> .....	151	<b>Simbiosis</b> .....	99, 125
<b>Nutricional</b> .....	121	<b>Sistema de secreción</b> .....	99
<b>O</b>		<b>Sistema Humedales Construidos</b> .....	159
<b>OMG</b> .....	69	<b>Sostenibilidad</b> .....	139
<b>Opinión pública</b> .....	143	<b>Synthetic aperture radar</b> .....	81
<b>P</b>		<b>T</b>	
<b>Pan</b> .....	57	<b>Termografia</b> .....	133
<b>Parques eólicos</b> .....	143	<b>Transgénicos</b> .....	69
<b>Pastoreo extensivo</b> .....	151	<b>U</b>	
<b>Plantas mediterráneas</b> .....	43	<b>Unidad familiar</b> .....	17
<b>Plátano de sombra</b> .....	13	<b>V</b>	
<b>Práctica campo</b> .....	129	<b>Variabilidad genética</b> .....	107
<b>Productividad</b> .....	91	<b>X</b>	
<b>Programa de riegos</b> .....	147	<b>Xantinas</b> .....	121
<b>Proliferación</b> .....	9	<b>Y</b>	
<b>Purines de porcino</b> .....	159	<b>Yuzu</b> .....	117
<b>R</b>			
<b>Recursos naturales</b> .....	73		
<b>Residuos orgánicos</b> .....	139		

# Índice de autores

Ahnia, Hadjira .....	125
Alonso Cabezas, Isabel .....	61, 121
Arnal Olivares, Alberto .....	13
Arnés Prieto, Esperanza .....	77
Benítez Villanueva, Gustavo .....	95
Bermúdez de la Puente Rodríguez, Miriam .....	91
Blas Morente, Alejandro .....	25
Borges Ferreira, Tiago .....	159
Boucheffa, Karima .....	125, 155
Bourebaba, Yasmina .....	125, 155
Bustos Medina, Raquel .....	133
Cook Torres, Cristian .....	103
Delgado, Hipatia .....	107
Díaz González, Sandra .....	95
Díaz-Regañón, Rafael .....	43
Diego, Patricia .....	21
Duran, David .....	99
Escribano Rodríguez, Juan Agustín .....	151
Fernández López-Rey David .....	95
Fernández Sanz, Hugo .....	69
García, Simon .....	43
Gil de Prado, Elena .....	87
Gili Pozo, Álvaro .....	5
González, Iván .....	9
González, Lara .....	57
Gutiérrez, Jesús .....	129
Hadjira, Ahnia .....	155
Heredia, Marco .....	73
Horcajo Diestro, Daniel .....	147
López, Carla .....	99
López-Rodríguez, Glenny .....	139
Marín González, Omar .....	17
Martínez Rodríguez, Esperanza .....	113
Panduro, Ismael .....	43
Pascual Guzmán, Antón .....	65
Pastor, Victor .....	99
Pindado Tapia, Emilio .....	39
Pozo, Sara del .....	57
Rivas, Eva M <sup>a</sup> .....	87
Rodríguez López, Laura .....	51
Rosado Núñez, Francisco .....	103
Ruiz Rodríguez, Diego .....	47
San Vidal Martínez, Víctor .....	61, 121
Santana, Nuria .....	21
Villa Rodríguez, Fernando .....	81
Villacreces Arnedo, Salvador .....	143



# Índice de tutores

Aguado Cortijo, Pedro Luis .....	117
Alarcón Lorenzo, Silverio .....	39
Alvir Morencos, María Remedios .....	35, 95
Arce Martínez, Augusto .....	159
Barreiro, Pilar .....	21, 87
Benito, Marta .....	129
Boulila, A. Ghani .....	125
Boulila, Farida .....	155
Callejo, Maria Jesus .....	57
De Blas, Carlos .....	51
de San Antonio Gómez, José Carlos .....	143
Díaz Barcos, Virginia .....	133
Diezma, Belén .....	81, 133
Flores, Gonzalo .....	51
Garrido Colmenero, Alberto .....	69
Gómez, Cristina .....	25
Hernández Díaz-Ambrona, Carlos Gregorio .....	17, 65, 73, 77, 151
López Solanilla, Emilia .....	121
Martín, Juan Pedro .....	107
Martín, Mª Carmen .....	9
Martínez Laborde, Juan Bautista .....	13
Masaguer-Rodríguez, Alberto .....	139
Mendiola Ubillos, Mª Ángeles .....	13, 117
Morata Barrado, Antonio Dionisio .....	61
Moreno Vázquez, Santiago .....	113
Moreno, Santiago .....	43
Moya González, Adolfo .....	133
Moya, Adolfo .....	25
Peinado, José M. ....	87
Rebollar, Pilar G. ....	35, 65, 91, 95, 103
Rey, Luis .....	99, 125
Rodríguez Sinobas, Leonor .....	147
Ruiz Argüeso, Tomás .....	155
Ruiz García, Luis .....	31
Ruiz, Juan Miguel .....	47
Sansegundo, Consuelo .....	9
Sordo, Luis .....	47
Teixeira Fernandes, André Luís .....	159
Valero, Constantino .....	81
Velasco Arranz, Ana .....	5